U.PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

SISTEMAS PREDIAIS NÃO TRADICIONAIS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS – SISTEMA DE DRENAGEM POR VÁCUO

RUI ALEXANDRE ALVES SELORES CEDOVIM

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientador: Professor Carlos Alberto Baptista Medeiros

JULHO DE 2013

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2012/2013

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-5081446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-5081440

✉ feup@fe.up.pt

http://www.fe.up.pt

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2012/2013 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2013*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

Dedico aos meus pais, como também à pessoa com qual partilho uma vida, à minha namorada, companheira e amiga, por todo o apoio e dedicação.

Aos meus Pais e namorada

A coisa mais indispensável a um homem é reconhecer o uso que deve fazer do seu próprio conhecimento.

Platão

AGRADECIMENTOS

Este trabalho não seria possível sem ajuda de várias pessoas.

Agradeço especialmente ao Professor Doutor Carlos Alberto Baptista Medeiros, que graças ao seu profundo conhecimento, experiência, toda a sua disponibilidade e sugestões prestadas me orientou sabiamente neste projeto.

A equipa responsável pela, manutenção do Edifício Público, que me facultaram a visita, como também, pela disponibilidade e amabilidade na partilha de informação e esclarecimentos.

Aos meus amigos, pela ajuda, amizade e incentivo demostrado.

A todos vocês, o meu sincero agradecimento.

RESUMO

A elaboração deste trabalho expõe o intuito de apresentar, abordar e evidenciar as vantagens dos sistemas de drenagem de águas residuais domésticas em edifícios sob vácuo, como solução alternativa à drenagem de águas residuais domésticas por gravidade. Este sistema apresenta, em determinadas condições, autênticas e significativas mais-valias de construção, operação e manutenção face às soluções tradicionais por gravidade e elevação por electrobombas.

Assim sendo, o principal objetivo desta investigação baseia-se na análise comparativa do sistema tradicional gravítico de águas residuais domésticas com o sistema de vácuo.

De modo a proceder-se a tal avaliação, realizou-se um estudo do consumo de água de um Edifício Público onde se encontra já em funcionamento o sistema de drenagem a vácuo. Para efeitos de comparação, definiu-se para o mesmo edifício qual a solução por sistema tradicional a implantar, estabelecendo-se, desta forma, os parâmetros de comparação entre as duas alternativas.

O focus da dissertação assenta na análise e avaliação de ambas as soluções, tanto na sua aplicação, operação e manutenção.

PALAVRAS-CHAVE: vácuo, águas residuais domésticas, drenagem predial

ABSTRACT

The preparation of this study exposes the intention of presenting and highlighting the advantages of drainage systems for domestic sewer systems in buildings under vacuum as an alternative solution to the drainage of domestic sewer systems by gravity. This system may, under certain conditions, authentic and meaningful gains in construction, operation and maintenance compared to traditional solutions by gravity and elevation by electric pumps.

Therefore, the main objective of this research is based on the comparative analysis of the traditional gravity of domestic sewer systems with the vacuum system.

In order to proceed to such evaluation, we carried out a study of the water consumption of a Public Building, which is already operating with the vacuum drainage system. For comparison purposes, we defined to the same building which solution by the traditional system to implant in the building, establishing the parameters of comparison between the two alternatives.

The focus of the dissertation is based on the analysis and evaluation of both solutions, in its application, operation and maintenance.

Keywords: vacuum, domestic sewer systems, building drainage

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS i

RESUMO iii

ABSTRACT v

1 INTRODUÇÃO 1

1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS **1**

1.2. ÂMBITO E OBJETIVOS **3**

1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO **3**

2 INTRODUÇÃO HISTÓRICA 5

2.1.INTRODUÇÃO **5**

2.2.EVOLUÇÃO HISTÓRICA DOS SISTEMAS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS EM MEIO URBANO **5**

2.2.1. EVOLUÇÃO INTERNACIONAL 5

2.2.2. EVOLUÇÃO EM PORTUGAL 7

2.3.EVOLUÇÃO HISTÓRICA DOS SISTEMAS PREDIAIS TRADICIONAIS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS **7**

2.3.1. EVOLUÇÃO INTERNACIONAL 7

2.3.2. EVOLUÇÃO EM PORTUGAL 11

2.4.EVOLUÇÃO HISTÓRICA DOS SISTEMAS PREDIAIS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS EM SISTEMA DE VÁCUO **11**

2.4.1. EVOLUÇÃO DO SISTEMA A VÁCUO 11

3 DRENAGEM DE RESIDUOS EM SISTEMA DE VÁCUO 15

3.1.INTRODUÇÃO **15**

3.2.ENQUADRAMENTO LEGAL **15**

3.3.SISTEMA TRADICIONAL DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS **16**

3.3.1.CONSTITUIÇÃO DA REDE PREDIAL DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS 16

3.3.2.SISTEMAS PREDIAIS DE CONDUÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS À CÂMARA DE RAMAL DE LIGAÇÃO 17

3.3.3.SISTEMAS PREDIAIS DE CONDUÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS À CÂMARA DE RAMAL DE LIGAÇÃO 17

3.3.4.SISTEMAS DE ELEVAÇÃO 18

3.4.SISTEMA PÚBLICO DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS POR VÁCUO - "OUTDOOR" 18

3.4.1.O SISTEMA DE VÁCUO "OUTDOOR" É CONSTITUÍDO POR: 18

3.4.2.DESCRIÇÃO DO FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE ESGOTOS POR VÁCUO 19

3.4.3.APLICAÇÕES DO SISTEMA DE VÁCUO 21

3.5. SISTEMA PREDIAL DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS POR VÁCUO - INDOOR 21

3.5.1.DESCRIÇÃO DO SISTEMA 21

3.5.2. ASPETOS DE DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO 23

3.5.3.ESTAÇÃO DE VÁCUO 24

3.5.4.TRAÇADO DO SISTEMA DE TUBAGENS 26

3.5.5. LIGAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS SANITÁRIOS AO SISTEMA DE TUBAGEM 32

3.5.6.LIGAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS SANITÁRIOS AO SISTEMA DE TUBAGENS 34

3.5.7.PONTOS DE VISITA OU INSPEÇÃO NA TUBAGEM 36

3.5.8.ANCORAGEM DA TUBAGEM 36

3.5.9.TUBAGEM DE EXAUSTÃO DE AR 37

3.5.10.PROIBIÇÕES CONSTRUTIVAS 37

3.5.11.TESTES DE ESTANQUIDADE DO SISTEMA 38

3.5.12.BACIAS DE RETRETE A VÁCUO 39

3.5.12.1.Instalação das bacias de retrete a vácuo 39

3.5.12.2.Descrição das bacias de retrete a vácuo 39

3.5.12.3. Botão de descarga da bacia de retrete 41

3.5.12.4. Saída de águas residuais a vácuo 42

3.5.12.5. Ligação com a rede predial de drenagem 42

3.5.12.6. Outras formas de ligação à tubagem 43

3.5.13. VÁLVULAS DE INTERFACE A VÁCUO 45

3.5.13.1.Válvulas de interface 45

3.5.13.2.Descrição 45

3.5.13.3.Módulo ativador ou válvula ativadora 45

3.5.13.4.Válvula de descarga 46

3.5.13.5.Buffer 46

3.5.13.6.Buffer horizontal 46

3.5.13.7.Buffer vertical 47

3.5.13.8.Buffer de pavimento 47

3.5.13.9.Princípio geral de funcionamento 49
3.5.13.10.Instalação de válvula de interface 49
3.5.13.11. Instalações típicas 49
3.5.13.12. Instalações típicas 50
3.5.13.13. Possibilidades construtivas 50
3.5.13.13. Restrições de funcionamento 52

4 CASO DE ESTUDO 55

4.1.INTRODUÇÃO 55

4.2. CASO DE ESTUDO 55

4.2.1.LEVANTAMENTO DOS DADOS 57

4.3. ANÁLISE DE RESULTADOS 59

4.3.1. Descrição do Sistema de vácuo do Edifício Objeto de Estudo 59
4.3.2. ESTIMATIVA ORÇAMENTAL 59
4.3.3.MANUTENÇÃO PREVENTIVA DO SISTEMA 60

4.4.SISTEMA VÁCUO VS SISTEMA TRADICIONAL APLICADO NO EDIFÍCIO PÚBLICO 61

4.4.1.PRINCIPAIS DIFERENÇAS EM TERMOS DE APLICAÇÃO 61
4.4.2. PRINCIPAIS DIFERENÇAS EM TERMOS DE MANUTENÇÃO 62
4.4.3. PRINCIPAIS DIFERENÇAS EM TERMOS DE ESTIMATIVA ORÇAMENTAL 62

5 CONCLUSÕES 63

5.1. CONCLUSÕES 63

5.2. PERSPETIVAS FUTURAS 65

BIBLIOGRAFIA 66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Sanitários do Aeroporto Francisco Sá Carneiro [1] 2
Figura 2- Sistema de esgoto por vácuo na Base Aérea do Montijo [1] 2
Figura 3 – Cloaca Máxima de Roma [1] 6
Figura 4 - Banheira e latrina do Palácio real de Cnossos, em Creta [14] 8
Figura 5 - Latrina pública romana em Éfeso na Turquia (séc. I d.C.) [15]. 9
Figura 6- Primeira aplicação do sistema de transporte de esgotos por vácuo (1873, Amesterdão)[1] 12
Figura 7- Elementos constituintes de um sistema predial de drenagem de águas residuais domésticas[19] 17
Figura 8 – Sistema gravítico 17
Figura 9 – Sistema de elevação 17
Figura 10 – Estação de Vácuo [1] 18
Figura 11 – Rede de Coletores [1] 19
Figura 12 – Câmara de recolha [1] 19
Figura 13 – Esquema básico do sistema de drenagem de águas residuais a vácuo [1] 22
Figura 14 – Exemplo de uma estação de vácuo [1] 24
Figura 15 – Bombas de Vácuo 26
Figura 16 – Bombas de descarga 26
Figura 17 – Bolsas de transporte/ espaçamento 26
Figura 18 – Bolsa de transposição [20] 27
Figura 19 – Juntas e curvas [20] 28
Figura 20 – Interligação de duas tubagens horizontais [20] 29
Figura 21 – Curvas de raio curto [20] 29
Figura 22 - Posicionamento de válvulas de secionamento [20] 30
Figura 23 - Válvula de secionamento do edifício estudado 30
Figura 24 - Posicionamento de válvulas secionamento [20] 30
Figura 25 – Aumento da secção da tubagem vertical [20] 31
Figura 26 – Redução da secção da tubagem horizontal [20] 31
Figura 27 - Somatório máximo de elevações [20] 31
Figura 28 - Interligação das tubagens horizontais secundárias e principal [20] 32
Figura 29 - Arranjo de tubagem / menos de 1 metro de elevação [20] 32
Figura 30 - Tubagem com fluxo ascendente de 1 a 2 metros de elevação [20] 32
Figura 31 - Tubagem com fluxo ascendente de 2 a 3 metros de desnível [1] 33
Figura 32 - Tubagem com fluxo ascendente de 3 a 5 metros de desnível [1] 33
Figura 33 - Tubagem vertical, com fluxo ascendente, realizando desvio [20] 34
Figura 34 - Posicionamento das tubagens secundária e principal [20] 34
Figura 35 - Rotação da conexão de tubagem secundária (junção de 45º) [20] 35
Figura 36 - Arranjo final da interligação da tubagem secundária à principal [20] 35
Figura 37 – “Pescoço de ganso” com válvula de retenção [20] 35
Figura 38 – Pontos para execução de inspeção [20] 36
Figura 39 – Assentamento de tubagem utilizando-se braçadeiras [20] 36
Figura 40 – Exemplo típico de ancoragem de tubagem [20] 37
Figura 41 – Arranjo adequado da tubagem [20] 38
Figura 42 – Bacia de retrete para sistema de drenagem a vácuo [1] 40
Figura 43 – Esquema de montagem da bacia de retrete instalada no pavimento [1] 40
Figura 44 – Esquema de montagem da bacia instalada na parede [1] 41

Figura 45 – Esquema de montagem da bacia instalada na parede [1].....41
Figura 46 – Posicionamento do botão de descarga [1] 42
Figura 47 – Possibilidades de saída [20].....42
Figura 48 – Ligação da bacia de retrete a tubagem descendente [20].....43
Figura 49 – Ligação da bacia de retrete a tubagem elevada [20].....43
Figura 50 – Ligação de bacia de retrete a tubagem horizontal [20].....43
Figura 51 – Ligação de bateria de bacias de retrete a tubagem horizontal [20].....44
Figura 52 – Ligação de bateria de bacias de retrete a tubagem elevada [20].....44
Figura 53 - Detalhes da válvula ativadora [20].....45
Figura 54 - Válvulas de descarga - DN 50 e DN 32 [20].....46
Figura 55 - Vistas do Bufer [20].....46
Figura 56 - Vistas do Bufer [20].....47
Figura 57 – Buffer vertical [20].....47
Figura 58 – Vista de planta - Buffer de pavimento [20] 48
Figura 59 – Esquema da interligação de uma válvula de interface[20] 48
Figura 60 – Esquema de arranjo de instalação de Buffer [1].....49
Figura 61 – Arranjo de instalação de Buffer.....50
Figura 62 – Instalação típica para cozinha [1].....51
Figura 63 – Instalação para um lavatório com sistema de vácuo [1].....51
Figura 64 – Drenagem de vários aparelhos ligados em bateria [1].....52
Figura 65 – Central de vácuo (Edifício Público do estudo).....56
Figura 66 - Bacia de retrete a vácuo instalado (Edifício Público) 57

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Constituintes de uma rede de drenagem de águas residuais domésticas..... 16
Tabela 1 – Espaçamento entre bolsas de transporte [20]..... 27
Tabela 2 - Espaçamentos mínimos de ancoragem [20] 37
Tabela 3 – Levantamento de dados 57
Tabela 4 - Consumo de água por "utilizador equivalente" 58
Tabela 5 - Nº de acionamentos das bacia de retrete, por dia 58
Tabela 6 - Consumo de água do sistema de vácuo Vs Consumo de água sistema tradicional por drenagem gravítica 58
Tabela 7 - Plano de Manutenção do sistema de vácuo [1]..... 60

1
INTRODUÇÃO

1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O aumento significativo dos consumos de água doce no mundo, e a escassez das reservas mundiais de água, tem levado a civilização a desenvolver novas tecnologias, que promovam a economia e sustentabilidade através da implementação de sistemas mais eficazes, no que diz respeito ao uso racional de água.

Uma alternativa extremamente vantajosa, principalmente em edifícios com elevada concentração populacional, é a de utilizar instalações sanitárias, zonas de cozinhas e de lavandaria com drenagem de águas residuais domésticas por sistemas de vácuo que consomem um volume extremamente reduzido, como por exemplo, no caso das bacias de retrete, apenas cerca de 1,2 litros de água por descarga, quando em conjunto com o sistema coletor das águas residuais a vácuo.

A drenagem sob vácuo tem aplicação tanto nas redes prediais (sistema “indoor”) como nas redes exteriores (sistema “outdoor”). O trabalho desenvolvido neste documento, incide sobre a drenagem de águas residuais em sistema de vácuo no interior dos edifícios (indoor), tecnologia que na última década tem sido consideravelmente aperfeiçoada e desenvolvida nas suas componentes e métodos de operação.

Em Portugal esta tecnologia do futuro, já pode ser encontrada em utilização num dos projetos mais vanguardista do nosso país, o Aeroporto Francisco Sá Carneiro de acordo Figura 1- Sanitários do Aeroporto Francisco Sá Carneiro.

Figura 1- Sanitários do Aeroporto Francisco Sá Carneiro [1]

A nível "outdoor" poderemos encontrar este sistema de vácuo na Base Aérea do Montijo. Em que primeiramente tinha um o sistema tradicional por gravidade, mas devido à sua localização ser absolutamente plana, e com níveis freáticos extremamente elevados, sofreu vários assentamentos comprometendo o eficiente escoamento das águas residuais. Adotou-se assim a alternativa pela o sistema de esgoto a vácuo.

Figura 2- Sistema de esgoto por vácuo na Base Aérea do Montijo [1]

1.2. ÂMBITO E OBJETIVOS

O principal objetivo deste trabalho é o de apresentar as vantagens e desvantagens da aplicação do sistema de vácuo "indoor", comparativamente com o sistema tradicional de drenagem de águas residuais.

Para esse fim, será apresentado um caso de estudo, relativo a um edifício publico (terminal aéreo de passageiros) com dimensão e porte apreciável, e no qual foi aplicado este sistema para a drenagem de águas residuais prediais.

Não nos foi autorizada a revelação do local e nome do edifício estudado, pelo que iremos abordar este caso de estudo como sendo um edifício público localizado em Portugal com algum significado quando avaliado ao nível dos consumos de água e, consequentemente, no que diz respeito à drenagem de águas residuais domésticas.

1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Este trabalho encontra-se dividido em 5 partes, incluindo a presente introdução onde se apresenta o enquadramento e objetivos do trabalho, bem como os capítulos cuja breve descrição se segue:

- No Capítulo 2 é apresentado uma pequena descrição cronológica da evolução dos sistemas de drenagem de águas residuais, a qual é efetuada numa perspetiva internacional e nacional;
- No Capítulo 3 faz-se uma breve descrição dos vários sistemas de drenagem de águas residuais domésticas, incluindo o sistema predial tradicional, e os sistemas de drenagem de águas residuais em vácuo, "Outdoor" e "Indoor".
- No Capítulo 4 aborda-se um caso de estudo, em que analisa o consumo de água de um edifício público (terminal aéreo de passageiros), no qual foi aplicado o sistema de drenagem de águas residuais prediais por vácuo. Posto isto, realizou-se uma análise comparativa do sistema de vácuo com o sistema tradicional gravítico, demonstrou-se para o mesmo edifício consumo de água caso os sanitários fossem instalados com o sistema gravítico. Seguidamente compara-se os resultados obtidos de ambos os sistemas, onde se vai demonstrar as principais diferenças entre o sistema de drenagem por vácuo e o sistema tradicional gravítico, no que diz respeito à sua execução e manutenção.
- No Capitulo 5 expõe-se as principais conclusões que se retiraram após a realização deste trabalho, fazendo referência às dificuldades encontradas na sua execução, onde são apontados alguns caminhos para continuação deste estudo.

2
INTRODUÇÃO HISTÓRICA

2.1. INTRODUÇÃO

Pretende-se com este capítulo sintetizar a evolução do conhecimento na área dos sistemas de drenagem de águas residuais desde a antiguidade até aos nossos dias, quer a nível internacional quer a nível nacional.

Começou-se por se fazer uma breve referência histórica da evolução dos sistemas de drenagem de águas residuais em meio urbano e predial, e por último descreveu-se os principais pontos históricos dos sistemas de drenagem em vácuo.

2.2. EVOLUÇÃO HISTÓRICA DOS SISTEMAS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS EM MEIO URBANO

2.2.1. EVOLUÇÃO INTERNACIONAL

Durante muito tempo, até meados da Idade Moderna, as obras de drenagem não eram consideradas como infraestruturas necessárias e fundamentais para o desenvolvimento e ordenamento dos centros urbanos [2].

No entanto existem registos históricos que confirmam a existência de construções e intervenções nesse domínio levadas a cabo por antigas civilizações [2].

Desde sempre as populações humanas concentraram-se, historicamente, junto das margens dos rios, em zonas ricas e férteis, na tentativa de obterem água e alimento com maior abundância [3].

A deslocação por parte das populações para junto das às fontes de água (rios, nascentes ou poços), nem sempre foi um trabalho fácil. Houve, desde logo, um grande desejo de manipular os cursos de água (rios, nascentes ou poços) para evitar grandes deslocações e melhorar substancialmente a sua qualidade de vida [3].

A necessidade de recolha e condução de águas residuais surgiu mais tarde, datando as primeiras evidências, na adoção destes sistemas, em meados de 4000 a.C., na Mesopotâmia, tendo aí sido descobertos tubos e reservatórios de resíduos, e na Suméria, onde se acreditava já na relação da água com as doenças e sua proliferação, apesar de associada ao supersticismo superstição e a religião [4].

Existem também vestígios de galerias de condutas de esgotos construídos em Nipur (Índia) por volta de 3750 a.C., e de sistemas de drenagem de águas residuais construídos no Vale do Indo por volta de 3200 a.C., construídos por canais de tijolo com aberturas que permitiam a sua inspecção. Estas galerias eram já servidas diretamente a partir de latrinas e banheiras no interior das habitações [4, 5].

O sistema de drenagem com coletores principais e drenos do aglomerado de Mohengo-Doro, desenvolvido pela civilização Hindu, e que atualmente faz parte do Paquistão Ocidental, espantam pela sua construção cuidada e pensada para a época, datando de 3000 a.C.. Estas tinham como

principal finalidade a drenagem de escorrências das vias. Os seus coletores dispunham já de caleiras adaptadas ao escoamento dos caudais mais reduzidos [6, 7].

Nas cidades de Ur e Babilónia, a civilização Mesopotâmica planeou e construiu, em 2500 a.C., infraestruturas de drenagem e saneamento, incluindo uma espécie de sarjetas e sumidouros para recolha e condução das águas superficiais a conectores construídos em tijolo e asfalto [6, 8]

Em Cnossos, urbe da ilha de Creta e centro da época egeia (3000 a 1000 a.C.), é ainda possível admirar os templos desta época, cuja construção revela, além de majestosos terraços, a utilização de terracota e pedra para a construção de um elaborado sistema de drenagem de águas pluviais e dejectos que eram transportados em canais para locais afastados [6].

Em Jerusalém, foi encontrado o primeiro registo, datado de 1000 a.C., de um sistema separativo de drenagem de águas residuais domésticas e pluviais cobrindo parte da cidade [6, 9]

Na Itália central, por volta de 600 a.C., na cidade de Marzobotto, a civilização Etrusca implementou, um sistema de drenagem bem adaptado à topografia do terreno local [6].

Ruínas de algumas grandes cidades da civilização Chinesa também revelam a existência de sistemas enterrados de evacuação de águas residuais, executado por volta do ano 200 d.C. [10].

A Cloaca Máxima de Roma, sistema de esgotos construídos pelos romanos, foi a primeira grande obra construída com o intuito de melhorar a qualidade de vida urbana. Foi criado inclusive um imposto específico destinado a assegurar a manutenção das mesmas, mostrando assim os primeiros sinais de serviço público, como ilustrado na Figura 3 – Cloaca Máxima de Roma.

Figura 3 – Cloaca Máxima de Roma [1]

Desde as épocas do Império Romano até ao Século XVII, as estratégias de drenagem e saneamento em meio urbano não sofreram na Europa praticamente nenhum avanço. Pode-se mesmo falar em "regressão" ao longo de pelo menos uma parte da Idade Média [11].

Esta regressão esteve inclusive na origem da difusão de epidemias, como por exemplo a conhecida "peste negra", que dizimou milhares de pessoas. O retrocesso foi de tal ordem que até mesmo no século XVII, considerava-se ainda que os parasitas e doenças existiam em abundância no corpo humano como consequência de transpirações mal controladas. A higiene e limpeza até esta data, eram completamente ignoradas pela maior parte dos cidadãos [6].

Em regra, os primeiros trabalhos de drenagem e de evacuação de "águas *pestilentas*" ocorrem nas principais cidades Europeias, entre os Séculos XIV e XVIII [11].

O primeiro coletor de águas enterrado de Paris data de 1370 (Fosse *de St. Opportune)* [4, 6,]. Este coletor era conhecido como o "coletor de cintura" e descarregava diretamente os esgotos no rio Sena [3, 6].

Surge por volta de 1530 o primeiro decreto legislativo que obriga os proprietários a construírem fossas, uma vez que a utilização do sistema era inadequada e a sua manutenção insuficiente [3]. Em 1721 passa a ser obrigatório o pagamento de uma taxa de conservação do sistema [3].

No século XVII, Henrique VIII de Inglaterra, devido aos fortes odores, responsabiliza os proprietários dos edifícios pela limpeza das valas de águas residuais abertas, surgindo assim o primeiro planeamento de um coletor enterrado para a cidade de Londres. No entanto, tal construção só viria a ser realizada no século XVIII [3, 6]

2.2.2. EVOLUÇÃO EM PORTUGAL

Os primeiros registos e evidências de preocupação da drenagem de águas residuais em Portugal remontam ao século XV, após a ocorrência da peste que dizimou milhares de pessoas. D. João II mandou limpar os canos que até à data serviam apenas para drenar as águas das chuvas da cidade de Lisboa, e onde era muito frequente a acumulação de lixo e dejetos [3, 6]. Até ao terramoto de 1755 em Lisboa, não se registaram grande avanços nem evolução em relação ao transporte de resíduos das áreas residenciais para outro local. O crescimento rápido e elevada concentração populacional em Lisboa, o despejar constante dos dejetos das janelas para as ruas, fez muitas vezes da cidade de Lisboa uma autêntica "lixeira" a céu aberto. São recorrentes os registos desta época relativos às inundações com águas imundas, em particular nas zonas baixas da cidade [12].

No final do séc. XVIII e na primeira metade do séc. XIX, verificou-se uma evolução significativa em Portugal, no que se refere ao ordenamento do território e planeamento urbanístico, até mesmo das próprias construções [3]. Ressano Garcia projetou em 1884, inspirado pela corrente higienista de Edwin Chadwick, um sistema unitário em malha para drenagem dos resíduos da cidade de Lisboa, o qual descarregava no estuário do rio Tejo. Este sistema ainda se encontra hoje em dia em uso especificamente nas áreas antigas da cidade de Lisboa [3].

No início do séc. XX, começaram-se a utilizar elementos de betão pré-fabricado ou fabricado *in-situ* com juntas fechadas em argamassa de cimento para garantir estanquidade e autolimpeza da rede. Em meados de metade do séc. XX, começou a ser introduzido o grés em substituição do betão [6].

A primeira rede separativa de drenagem de águas residuais foi construída no Porto, na década de 1930, a partir de um projeto de autoria inglesa [6]. A partir das décadas de 1940 a 1970 procedeu-se à remodelação das redes de drenagem de várias localidades, adaptando-as ao sistema separativo, como foi o caso das cidades do Barreiro, Beja, Viseu, Tomar, Lisboa e Elvas [6].

Uma das grandes evoluções e investimentos do séc. XX em Portugal, foi na área das estações de tratamento de águas residuais (ETAR) [6].

Hoje em dia, os sistemas públicos de drenagem e tratamento de águas residuais em Portugal, servem cerca de 90 % da população.

2.3. EVOLUÇÃO HISTÓRICA DOS SISTEMAS PREDIAIS TRADICIONAIS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS

2.3.1. EVOLUÇÃO INTERNACIONAL

As primeiras evidências de sistemas prediais de drenagem de águas residuais datam de cerca de 3200 a.C., e foram construídas no Vale do Indo. Estas eram destinavam-se a drenar diretamente as latrinas (hoje bacias de retrete) e banheiras no interior de habitações [4, 5]. A partir deste período, grande parte

dos registos encontrados dizem respeito à utilização de tubagens e sistemas para abastecimento de água, recorrendo a força motriz animal ou escrava, como acontecia por exemplo no palácio do faraó Cheópus, no Egipto, onde por meados de 2000 a.C. eram utilizadas tubagens de cobre para esse efeito. Existiam mesmo nestes palácios salas de banho e latrinas com descarga para sistemas de drenagem, conforme ilustração da Figura 4 [3, 13].

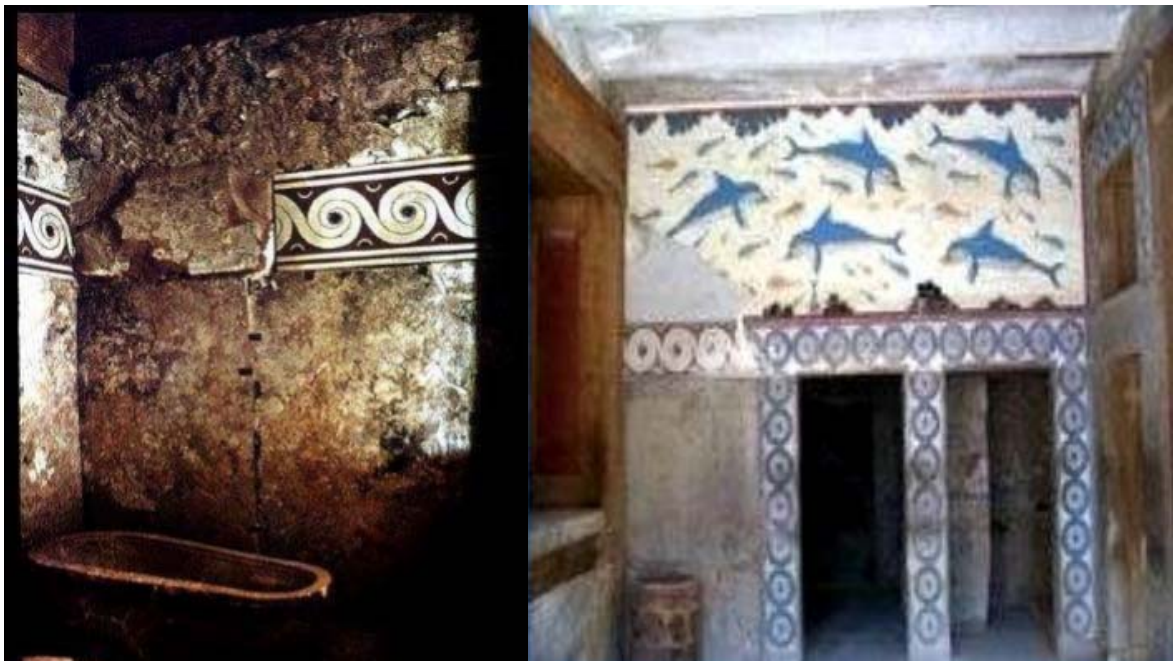


Figura 4 - Banheira e latrina do Palácio real de Cnossos, em Creta [14]

Surgem depois registos de sistemas de descarga prediais com Platão, na Grécia antiga, tendo estabelecido a primeira lei que regulamentava a utilização de água, penalizando aqueles que intencionalmente lesassem outros por contaminação das águas captadas das chuvas ou recolhidas em fontes [3]. Através da expansão do império Romano, estas instalações foram difundidas por todo o seu império, existindo registos de que em meados do século IV d.C., o império romano dispunha de cerca de 850 banhos públicos, 144 latrinas públicas, 15 termas e consumos diários de água estimados de 750 milhões de litros [3, 13].

Figura 5 - Latrina pública romana em Éfeso na Turquia (séc. I d.C.) [15].

Com a queda do império romano, a evolução e os cuidados com a higiene parecem ter sido esquecidos e postos de parte por parte da civilização, levando, tal como já se referiu, à ocorrência de epidemias mortais que surgiram com grande ocorrência até ao século XVIII. As instalações sanitárias eram por muitos considerados supérfluos. Dava-se mais valor à limpeza e quantidade das peças de vestuário, do que propriamente às casas de banho e aos banhos [6].

Apesar da notória regressão sanitária durante este período, foi durante o século XVIII, em Londres, que surgiram algumas das evoluções mais significativas, configurando de certa forma, o início dos sistemas prediais de drenagem de águas residuais domésticas. Exemplo disso, é a invenção do sifão por Cummings, em 1775, como forma de impedimento da passagem de gases provenientes da rede de águas residuais para o interior dos edifícios [3]. Esta invenção veio revolucionar as bacias de retrete inventadas no século XVII por Harrington e foram depois melhoradas com a introdução do descarregador sifonado em 1778 por Joseh Bramah [3, 16].

Só no final do século XVIII, a higiene sanitária passa a ser sinónimo de estatuto social [3]. Estar "limpo" passa a ser um termo usual. No entanto, só os privilegiados tinham esse pensamento, e relação com a água. Os banhos de imersão eram até então raríssimos. A percentagem de casas de banho no século XVIII era ainda muito reduzida, mesmo nas grandes capitais europeias, mantendo-se tal situação praticamente na mesma até início do século XIX (10 %) [2, 3].

No início do século XIX, ocorre uma grande revolução fundamentalmente ao nível técnico dos materiais e da tipologia dos sistemas prediais utilizados.

Durante a primeira metade do século XIX, o sifão continuava a não ser utilizado como forma de fecho hídrico para evitar o retorno dos maus cheiros. Mesmo após a sua introdução, o desconhecimento das técnicas de ventilação levava à ineficácia do sistema pelo que os maus odores continuavam a ser fortemente sentidos nas edificações [15].

As técnicas construtivas evoluíam e os edifícios aumentavam de altura. As pessoas desejavam cada vez mais uma casa de banho confortável e eficaz. Na segunda metade do século XIX, o fecho hídrico, garantido pela interposição de um sifão, já era uma constante, mas a construção de edifícios cada vez mais altos obrigava os engenheiros a procurarem compreender os fenómenos de variação de pressão no interior de um tubo de queda. A partir daí, foram realizados inúmeros estudos e pesquisas para se

tentar perceber os fenómenos de escoamento do ar e da água. Foi nesta altura que se introduziu um tubo independente destinado à ventilação. [15].

No final do século XIX, o engenheiro Herr Una, de Colónia, Alemanha, construiu aquilo a que se poderia considerar a primeira torre hidráulica, com o objetivo de simular um edifício de 3 andares.

Várias partes das instalações foram construídas em vidro para se poder visualizar o escoamento e o fenómeno da Auto sifonagem de ralos, tendo-se então já se observou o fenómeno de movimento em espiral do escoamento da água nos tubos de queda.

Um importante passo dado no que diz respeito à evolução dos sistemas de tubos de queda, ocorreu em 1881, com a alteração do modelo clássico de um só tubo de queda, para dois tubos. Um tubo era utilizado exclusivamente para as bacias de retrete, e a ventilação era feita através do prolongamento do próprio tubo de queda até à cobertura. O outro tubo de queda, era utilizado para as outras peças, sendo que cada aparelho possuía o seu próprio sifão, garantindo deste modo o fecho hídrico e o controle dos odores no interior dos edifícios [15].

O início do século XX, é marcado pelo enorme progresso da engenharia estrutural e construção de grandes arranha-céus. O progresso da sifonagem, da ventilação e a existência de aparelhos sanitários eficientes, permitem a construção de casas de banho mais apropriadas às novas exigências de higiene e salubridade [15].

Em 1923, surge o trabalho de Hummer, hoje considerado um clássico, “Recomende Minimu Requirements for Plumbing in Dwellings and Similar Buildings”, posteriormente reeditado em 1928, sob o nome de “Recommended Minimum Requirements for Plumbing” [15].

Pouco antes do inicio da 2ª Guerra Mundial, surgem pesquisas conduzidas por Wyly. Dawson e Kalinske (Estados Unidos), as quais serviram para chamar à atenção e para se adotar a ideia de velocidade terminal, parâmetro físico muito importante no dimensionamento de tubos de queda de edifícios elevados [15].

Com o fim da 2ª Guerra Mundial, surge a necessidade urgente de reconstruir uma Europa destruída, e com isso ocorrem enormes avanços tecnológicos, nomeadamente trabalhos de campo e em laboratório de grande importância, para o desenvolvimento dos sistemas prediais de drenagem de águas residuais domésticas [15].

Conhecimentos básicos sobre os fenómenos hidráulicos e pneumáticos do escoamento em tubos de queda, ramais de descarga, coletores, sifões e aparelhos sanitários tornam-se cada vez mais consolidados e desenvolvidos com o passar dos anos [15].

Mais recentemente, com o aparecimento dos computadores, e com o surgimento do CAD – Computer Aided Design, dá-se o inicio da automatização dos projetos, reduzindo o trabalho dos projetistas e aumentando a fiabilidade dos projetos e, consequentemente, das obras, com reflexos positivos na utilização, conservação e manutenção destes sistemas prediais.

Os estudos visando a economia de água ganham grande importância, na medida em que este bem se torna cada vez mais caro, porque cada vez mais raro, no mundo moderno, quer pela sua escassez, qualidade ou pela distância a que se torna necessário obtê-lo. Descargas de água que antes se faziam com 14 litros, foram sucessivamente sendo reduzidas para 9, 6 e 3,5 litros, e já existem casos de apenas 1,5 litros [15].

É nesta fase que novas soluções mais modernas e eficientes, nomeadamente os sistemas de drenagem predial utilizando o vácuo, que utilizam quantidades muito reduzidas de água, ganham enorme importância.

2.3.2. EVOLUÇÃO EM PORTUGAL

Em meados do séc. XIX, em Portugal, era frequente a colocação de latrinas e urinóis no exterior dos edifícios para utilização pública. Só no final deste século é que a colocação de latrinas nos edifícios se generalizou. A tecnologia de construção do estilo pombalino, desenvolvida após o sismo de 1755 em Lisboa, começava a deixar de ser aplicada. Os edifícios construídos após essa data, nomeadamente os "gaioleiros" e alguns edifícios construídos nas décadas de 1920 e 1940 (inicio da construção de edifícios em betão armado em Portugal), possuíam as latrinas junto do tardoz, muitas das quais foram acrescentadas posteriormente à construção dos edifícios, constituindo a única casa de banho do fogo [3].

Nos anos seguintes começam a ser correntes as instalações sanitárias no interior dos fogos de habitação, sendo a drenagem efetuada em tubos metálicos ou de grés. A utilização do PVC na construção portuguesa iniciou-se na década de 60, e a sua fraca adesão inicial deveu-se à sua fraca resistência mecânica quando comparada com as tubagens metálicas (visível nos edifícios públicos de maior relevo e importância, como por exemplo hospitais, escolas, tribunais, etc).

Nos anos seguintes, observou-se um crescente desenvolvimento dos matérias poliméricos, nomeadamente com a introdução do polietileno (1970) e do polipropileno (1980), e das tubagens multicamadas a partir da década de 90 [3].

De acordo com os Censos 2011, em Portugal, existem apenas cerca de 18.000 habitações sem sistema de drenagem de águas residuais, o que corresponde a 0,45 % do total de habitações, localizando-se estes casos maioritariamente no Alentejo e Algarve. Existem ainda cerca de 8.000 habitações sem instalações sanitárias [3].

2.4. EVOLUÇÃO HISTÓRICA DOS SISTEMAS PREDIAIS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS EM SISTEMA DE VÁCUO

2.4.1. EVOLUÇÃO DO SISTEMA A VÁCUO

A palavra vácuo é uma palavra proveniente do termo latino *Vacuus*, que significa vazio. O vácuo propriamente dito não existe, uma vez que todo o espaço conhecido contém alguma matéria. Na realidade, utilizamos a palavra vácuo quando nos queremos referir a um espaço no qual a maior parte do ar ou de outro gás foi removido, e no qual a pressão é muitíssima pequena. Na verdade, podemos de certo modo considerar que se trata apenas de um vácuo parcial.

Os primeiros sistemas de drenagem de águas residuais em sistema de vácuo foram introduzidos em meados do século XIX, no ano de 1866 pelo engenheiro Holandês Liernur. Este sistema utilizava tubos sob pressão com o objetivo de recolher os efluentes das casas. Era formado por tubos subterrâneos que ligavam as casas a um coletor. Uma bomba movida por uma caldeira a vapor produzia a pressão de vácuo necessária dentro da rede (tubagens), e os esgotos sanitários obtido após um tratamento simples do esgoto drenado, eram reaproveitados como fertilizantes para a agricultura. Esta tecnologia foi registada e patenteada nesse mesmo ano.

Este sistema era bastante eficaz quando projetado para escalas pequenas. O crescimento rápido das cidades, tornou no entanto a construção deste sistema bastante dispendiosa e inadequada para a época.

Alguns dos primeiros sistemas experimentais foram construídos em Leiden (1871), em Amesterdão (1872) e em Dordrecht (1873), e apesar de funcionarem relativamente bem, foram incapazes de dar o impulso tecnológico necessário para melhorar e otimizar a forma de utilização do sistema, podemos demonstrar na Figura 6-.

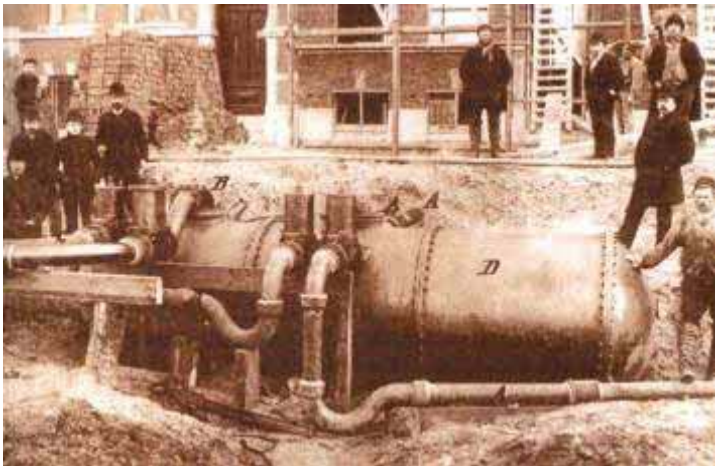


Figura 6- Primeira aplicação do sistema de transporte de esgotos por vácuo (1873, Amesterdão)[1]

Até meados da segunda metade do século XX, o uso do sistema de drenagem de águas residuais em sistema vácuo permaneceu sempre como que em estado experimental.

Volvidos, mais de cem anos depois da invenção de Liernur, em 1956, o engenheiro sueco Jpel Lijendahl registou uma nova patente de coletor de esgoto e transporte de resíduos residuais domésticos por meio de ar. Este sistema era em tudo muito semelhante ao definido pelos princípios do sistema de Liernur.

No sistema de vácuo de Leljendahl, a descarga de uma sanita utilizava apenas 1,5 litros de água. O esgoto era arrastado para o sistema utilizando o ar, aproximadamente 50 litros de ar por autoclismo.

Em (1968) Electrolux, na Suécia comprou os direitos sobre a tecnologia de vácuo, conforme especificado pelo inventor Sr. Joel Liljendahl. Electrolux desenvolveu e introduziu esta tecnologia para uso em propriedades de lazer e a bordo dos navios. Mais tarde a Electrolux desenvolveu um sistema de drenagem de águas residuais a vácuo para recolha e transporte de águas negras por meio de ar. Este sistema é designado Vacuflow. Desde o início dos anos 70 o sistema Vacuflow tem vindo a ser desenvolvido pelo engenheiro holandês Dietrich Gottreich Quatfass, o qual trabalhou para o grupo Electrolux na Holanda. EVAC AB (1985) Em 1985 a Electrolux vendeu sua divisão total de vácuo, incluindo as suas novas aplicações para comboios e aviões, para Ifö SANITAIR AB na Suécia, que continuou o negócio, sob a marca EVAC. QUA-VAC B. V. (1990) Em 1990, o grupo EVAC, comprou todos os direitos mundiais Vacuflow da EVAC AB e continuou a desenvolver o Tecnologia Vacuflow através de QUA-VAC BV. Ao mesmo tempo QUA-VAC foi nomeado EVAC 's distribuidor para as áreas de negócios marítimos e interiores, na Holanda, Bélgica e Luxemburgo [17].

Desde 1990, a tecnologia Vacuflow é amplamente introduzida em vários países por todo o mundo.

Atualmente, esta tecnologia de drenagem de águas residuais domésticas a vácuo é utilizada maioritariamente em edifícios públicos ou de alguma dimensão, como é o caso de supermercados, tribunais, marinas, centros comerciais e aeroportos. A utilização de sistemas de drenagem de vácuo, como é o caso de sanitas a vácuo, reduzem a quantidade de descarga para pelo menos 1 litro, otimizando o consumo e os gastos com a água.

Em zonas de áreas protegidas de água doce, na Holanda, bem como na Alemanha, como também em grandes cidades por exemplo, Hong Kong, onde os antigos subúrbios são constituídos por ruas muito estreitas, usam o sistema de esgoto por vácuo também nas redes públicas. Na parte antiga da cidade de

Veneza, em Itália, onde as pequenas ruas e canais, com o nível freático elevado e o risco de inundações adotaram também esta tecnologia, substituindo o sistema tradicional existente, face às dificuldades de controlar os escoamentos fortuitos para as águas dos canais.

Em Portugal, o município de Almada construiu um sistema público de drenagem de águas residuais domésticas adotando a tecnologia de drenagem por vácuo, designadamente nas zonas de cota mais baixa e sem declive das praias da Costa da Caparica, bem como no Base Aérea do Montijo e no Aeroporto Francisco Sá Carneiro, já referido anteriormente no capítulo anterior.

3
DRENAGEM DE RESIDUOS EM SISTEMA DE VÁCUO

3.1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo iremos fazer uma breve descrição técnica dos vários sistemas existentes de drenagem de águas residuais domésticas, focando-nos maioritariamente no sistema de drenagem de águas residuais em vácuo.

Começamos por fazer o enquadramento legal, referindo qual a legislação aplicável para os vários sistemas referidos.

Após a apresentação sucinta do sistema tradicional predial de drenagem de águas residuais, iremos abordar e descrever o sistema de vácuo utilizado quer para drenagem pública ou particular, com características de rede pública, ou seja, sistema tecnicamente designado por Outdoor.

Seguidamente, de forma mais aprofundada, apresentam-se as características técnicas do sistema quando executado como rede de drenagem de águas residuais domésticas no interior de edifícios.

3.2. ENQUADRAMENTO LEGAL

O regulamento em vigor, que estabelece as regras de dimensionamento de drenagem de águas residuais domésticas em Portugal, é o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e Drenagem de Águas Residuais, o qual adquiriu força de lei em 1996 através do Decreto Regulamentar n.º 23, de 23 de Agosto de 1995 [18].

Relativamente ao sistema de drenagem em vácuo, e uma vez que se trata de uma Tecnologia Normalizada na União Europeia no âmbito da regulamentação existente sobre o sistema de drenagem águas residuais com funcionamento a vácuo, tem em Portugal, Norma Portuguesa (NP EN1091:2000 – Sistemas públicos de drenagem de águas residuais com funcionamento em vácuo) [18].

A Norma Europeia estabelece os requisitos de desempenho dos sistemas de águas residuais domésticas com o funcionamento em pressão negativa, independentemente dos materiais constituintes. Inclui características de desempenho adicionais que são relevantes para as entidades contratantes, os projetistas, os construtores e os operadores dos sistemas de drenagem de águas residuais com funcionamento a vácuo [18].

Não estabelece requisitos sobre a avalização da conformidade dos sistemas [18].

Esta norma fornece indicações relativas ao projeto e à construção dos sistemas de drenagem de águas residuais domésticas com funcionamento em vácuo destinados ao transporte de águas residuais domésticas mas não pluviais. Não abrangem os sistemas prediais de drenagem com funcionamento a vácuo. Os componentes do sistema deverão ser avaliados em conformidade com a respetiva norma de produto. Na ausência de uma norma de produto, a presente Norma poderá ser utilizada como referência para a elaboração de uma especificação de produto[18].

Os requisitos de projeto estabelecidos na Norma Europeia são requisitos mínimos e não constituem por si só um manual de projeto suficiente abrangente capaz de assegurar o funcionamento correto do sistema. Cada sistema deve ser dimensionado individualmente, com base nos parâmetros de projeto do tipo de sistema utilizado; nos casos em que utilizados sistemas de marca, deverão ter-se em conta as indicações dos fornecedores desses sistemas [18].

3.3.SISTEMA TRADICIONAL DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS

As redes de drenagem de águas residuais domésticas agrupam e transportam as águas residuais desde a sua origem até aos sistemas coletores públicos, os quais reúnem os resíduos dos vários edifícios que servem, e os transportam até ao seu destino final, que na maioria das vezes corresponde as estações de tratamento de águas residuais (ETAR).

3.3.1.CONSTITUIÇÃO DA REDE PREDIAL DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS

A rede predial de águas residuais domésticas é constituída por vários elementos, os quais são Identificados e resumidos na Tabela 1:

Tabela 1 - Constituintes de uma rede de drenagem de águas residuais domésticas

Constituintes	Descrição
Ramal de descarga individual ou coletivo	Canalização que garante a ligação entre o aparelho produtor de águas residuais ou caixa de reunião ao tubo de queda ou coletor predial.
Ramal de ventilação	Canalização de fraca pendente que garante o fecho hídrico dos sifões quando o mesmo não é garantido por ventilação primária.
Tubo de queda	Canalização ventilada que tem como objetivo o transporte vertical descendente das águas residuais, reunindo os efluentes dos vários ramais de descarga a si associados.
Colunas de ventilação secundária	Canalização com o objetivo de complementar a ventilação primária do sistema quando esta for insuficiente.
Câmara de inspeção	Elemento necessário à inspeção e manutenção do sistema por forma a assegurar a rápida reposição do funcionamento em caso de falha.
Coletor predial	Canalização de fraca pendente que reúne o efluente proveniente dos tubos de queda e ramais de descarga, conduzindo-o para um novo tubo de queda ou a uma câmara.
Câmara de ramal de ligação	Câmara geralmente localizada dentro do limite do lote, com capacidade de inspeção, que reúne as águas residuais conduzidas pelos coletores prediais e permite a ligação ao ramal de ligação.
Ramal de ligação	Canalização destinada a transportar as águas residuais do edifício até ao coletor público. Esta ligação, sendo parte integrante da rede pública, é executada juntamente com o edifício pelo proprietário. Pode haver vário s ramais associados ao mesmo prédio quando este tenha grandes dimensões em planta, mas não é possível, a montante, reunir as águas de outra propriedade.
Coletor público	Canalização de carácter público que reúne os efluentes das habitações que serve garantindo a correta drenagem do sistema até ao sistema de tratamento associado à rede a que está associado.
Acessórios	Dispositivos que garantem o correto funcionamento do sistema de drenagem, quer no âmbito da utilização, quer na manutenção e retenção.

Na Figura 7, é ilustrado um esquema representativo de uma rede de drenagem de águas residuais domésticas, desde o sifão até ao coletor público. Não estão representadas as repetições dos vários elementos da rede para simplificação da leitura.

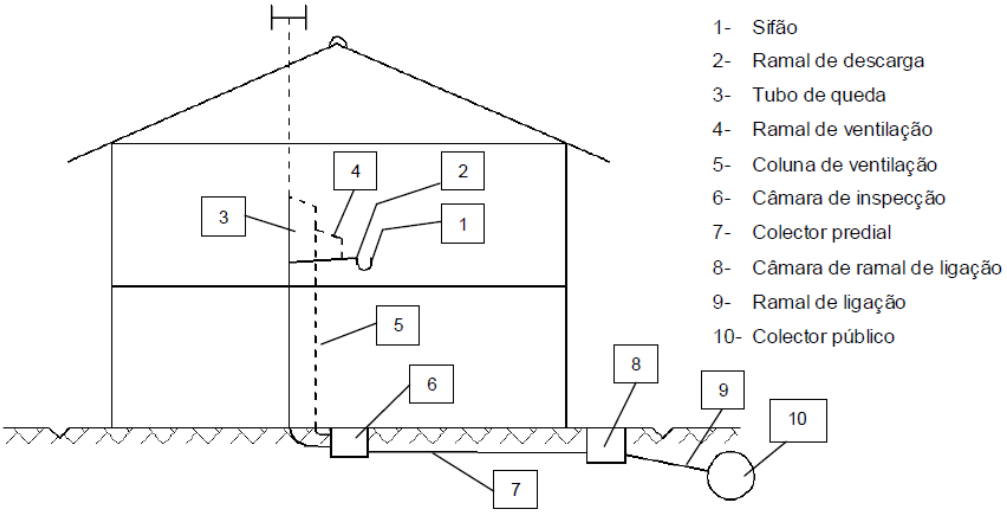


Figura 7- Elementos constituintes de um sistema predial de drenagem de águas residuais domésticas[19]

Em casos raros, no caso de aglomerados populacionais baixos, servindo um reduzido número de fogos e quando não exista sistema público de drenagem, o sistema pode ainda terminar em fossa séptica. Esta localiza-se na mesma a jusante da câmara correspondente ao número 8 [3].

3.3.2. SISTEMAS PREDIAIS DE CONDUÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS À CÂMARA DE RAMAL DE LIGAÇÃO

A condução das águas residuais até à câmara de ramal de ligação pode ser efetuada por três sistemas distintos, em função da necessidade de elevação do efluente, de modo a garantir o funcionamento gravítico do ramal de ligação [3].

3.3.3. SISTEMAS PREDIAIS DE CONDUÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS À CÂMARA DE RAMAL DE LIGAÇÃO

O sistema gravítico é utilizado quando todas as águas recolhidas se encontram a uma cota superior à da soleira da câmara de ramal de ligação. Este sistema encontra-se ilustrado na Figura 8.

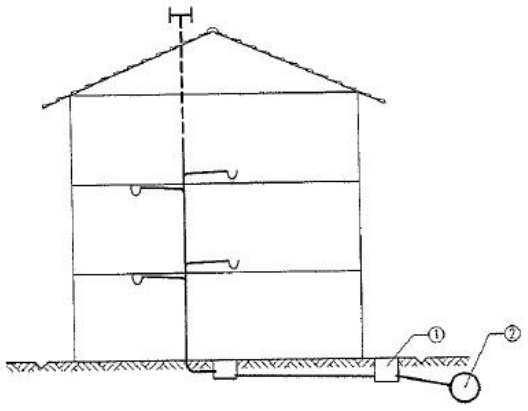


Figura 8 – Sistema gravítico

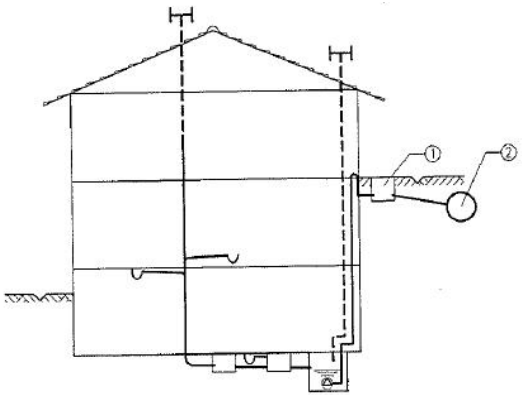


Figura 9 – Sistema de elevação

3.3.4. SISTEMAS DE ELEVAÇÃO

O sistema com elevação, apesar de ser muito raramente utilizado por ser muito dispendioso. É de funcionamento contrário ao do sistema tradicional gravítico, sendo utilizado quando a cota a que se efetua a recolha do piso mais elevado não permite um funcionamento gravítico até ao ramal de ligação.

Estas águas serão elevadas por bombagem para um nível que permita efetuar a drenagem por gravidade no ramal de ligação, tal como apresentado na Figura 9. Neste tipo de sistema, é importante a utilização de uma sifonagem invertida que impeça as águas residuais de inverter o escoamento sempre que o grupo elevação se encontre desligado [19].

3.4. SISTEMA PÚBLICO DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS POR VÁCUO - "OUTDOOR"

Uma das soluções existentes deste sistema é ao nível outdoor, isto é, para a recolha e transporte de águas residuais doméstica através de coletores públicos funcionando sob pressão, até ao seu destino final, uma rede tradicional por gravidade ou mesmo até a uma ETAR.[1]

3.4.1. O SISTEMA DE VÁCUO "OUTDOOR" É CONSTITUÍDO POR:

- Estação de Vácuo:

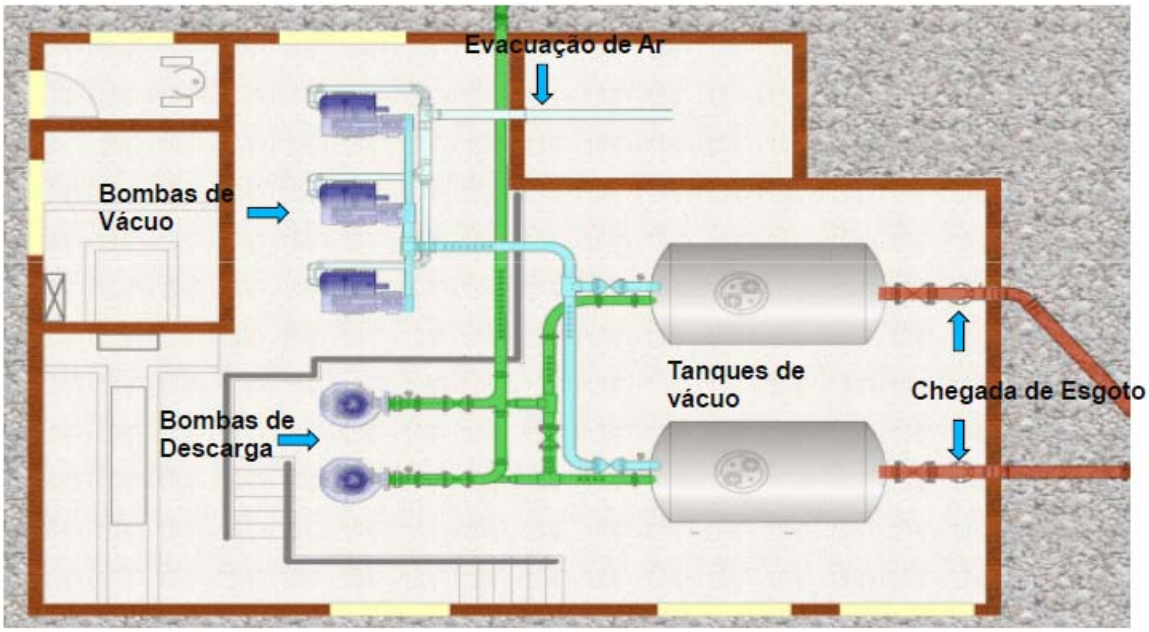


Figura 10 – Estação de Vácuo [1]

Órgão basicamente constituído por um tanque para acumulação de um volume de reserva de vácuo e receção dos efluentes recolhidos. A este tanque estão associadas:

-bombas de vácuo para a remoção do ar nele contido e produção de uma depressão de cerca de 0,65 BAR;

-bombas de trasfega para evacuação das águas residuais recolhidas no sistema e acumuladas no tanque.[1]

- Rede de Coletores (ilustração da Figura 11):

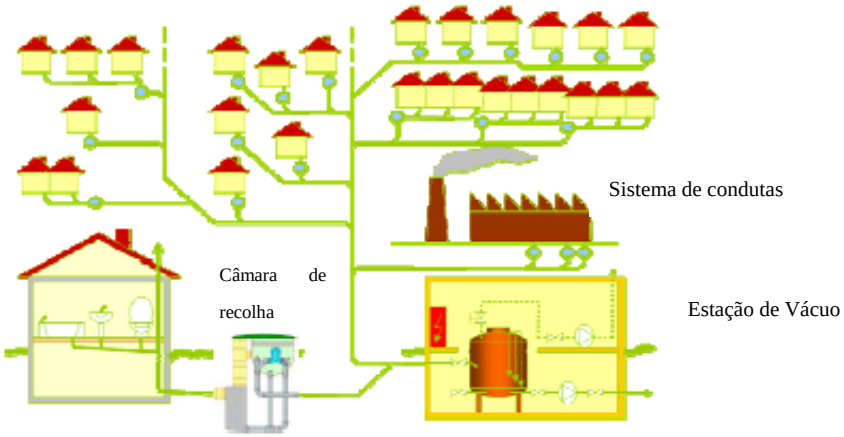


Figura 11 – Rede de Coletores [1]

Sistema de coletores que transporta os efluentes até à estação de vácuo e que, por estar ligada a esta, se encontra igualmente em depressão.[1]

- Câmaras de recolha (pontos de admissão de esgoto) ilustrado na Figura 12.

São dispositivos especiais, de funcionamento hidropneumático, que servem de ponto de comunicação entre a depressão existente na tubagem e a pressão atmosférica exterior. Normalmente na posição "Fechado" garantem a inexistência de perca de depressão e quando em "Aberto" permitem a entrada de ar no sistema de coletores, bem assim como das águas residuais a transportar.[1]

Figura 12 – Câmara de recolha [1]

3.4.2. DESCRIÇÃO DO FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE ESGOTOS POR VÁCUO

O funcionamento do Sistema de Transporte de Esgotos por Vácuo baseia-se na deslocação do ar quando em presença de diferentes pressões (das altas para as baixas). Assim, por via da utilização de

bombas de vácuo cria-se uma depressão na Estação que é comunicada ao sistema de coletores e às válvulas de vácuo existentes nas Câmaras de Recolha, ou seja, neste tipo de sistema o transporte bifásico (ar e água) é resultado da criação de condições de sub-pressão nas condutas. É utilizado, em regra, para o transporte de águas residuais domésticas, excluindo contribuições pluviais e de infiltração.

Os sistemas sob vácuo incluem uma estação de vácuo, além de condutas e câmaras com válvulas de interface. O escoamento, nestas condições, é intermitente e bifásico. Os sistemas a ar comprimido incluem, em regra, trechos ascendentes e trechos descendentes, válvulas de controlo, compressores e reservatórios de ar comprimido que operam a intervalos regulares, ”empurrando” o escoamento e criando, ciclicamente, o estabelecimento de condições adequadas de auto-limpeza.

Sempre que se der a abertura de uma ou várias válvulas, devido á diferença de pressão, entre a pressão atmosférica exterior (1,0 BAR) e a pressão no interior da rede coletores (0,35 BAR), o ar exterior entra em grande velocidade através da ventilação na Câmara de Recolha fazendo deslocar (empurrando) o esgoto, através da rede de coletores até à Central de Vácuo.

As Câmaras de Recolha são constituídas por dois compartimentos independentes, o Tanque de Recolha e a Câmara de Válvula. O Tanque de Recolha é um tanque, onde as águas residuais afluem por gravidade, para aí se acumularem. A Câmara de Válvula é um compartimento onde está alojada a válvula de vácuo, um controlador e o sensor de nível, todos de funcionamento pneumático. Esta estará sempre limpa, sem nenhum contacto com as águas residuais transportadas, sendo o local onde se faz a manutenção da Câmara de Recolha. A evacuação das águas residuais acumuladas no tanque de recolha é desencadeada pelo controlador, em função do nível de água residual acumulada no tanque, o que vai provocar a abertura da válvula, sendo das águas residuais acumuladas drenadas, por efeito do ar admitido. Para aumentar a eficiência do transporte, após a evacuação total das águas residuais acumuladas no tanque, a válvula permanece aberta durante mais alguns segundos, permitindo a entrada de uma quantidade adicional de ar. Um novo ciclo será iniciado assim que o esgoto acumulado no tanque de recolha atinja de novo o nível predefinido.

O sistema de coletores será de baixo diâmetro pois, devido à grande velocidade, a capacidade de transporte é muito grande. Permite ainda o sistema, a subida e descida de nível do coletor de transporte ou que o mesmo seja executado de nível, ou seja, sem qualquer inclinação, pois devido à depressão a que o sistema trabalha, temos disponível uma perda de carga de 4,5 m.c.a., a qual poderá ser utilizada para compensar desníveis eventualmente existentes.

Em função da depressão criada – 65 kPa, o esgoto movimentar-se-á nos coletores à velocidade de ± 4.5 m/s, em regime de grande turbulência e ambiente oxigenado, evitando a deposição de sólidos, a criação de incrustações, a decomposição orgânica ou o desenvolvimento bacteriológico.

As bombas de vácuo, na central de vácuo, entrarão em funcionamento sempre que a depressão, no tanque de vácuo, baixar até ao valor predefinido, considerando-se como mínimo: - 45 kPa e trabalharão relativamente curto, sendo os consumos energéticos consideravelmente baixos, quando comparados com os consumos energéticos de um sistema equivalente para transporte em pressão, Nos sistemas de transporte de esgoto em vácuo a energia que provoca o transporte do esgoto é a diferença existente entre a pressão no interior do Sistema e a Pressão Atmosférica exterior.

A evacuação do esgoto acumulado no tanque de vácuo, na central de vácuo, proceder-se-á, como em qualquer estação elevatória, através da utilização de bombas de trasfega comandadas por controlo de nível, e até a uma rede de drenagem gravítica e ou uma ETAR[1].

3.4.3. APLICAÇÕES DO SISTEMA DE VÁCUO

A seleção entre o sistema de coletores de drenagem de águas residuais por gravidade e vácuo, deve ser feita com base num estudo de viabilidade (projeto de arquitetura, estrutura do edifício, localização de condutas de serviços (couretes), avaliação e comparação de custos de construção, manutenção, conservação e substituição no período de vida da instalação, etc.)

Os sistemas de vácuo podem ser especialmente rentáveis, não só no custo de construção, mas também em custos operacionais, quando em situações topográficas adversas exijam a construção de sistemas elevatórios em aglomerados populacionais (povoações, urbanizações, etc.) que não justifiquem ou tornem mesmo desaconselhável a adoção de sistemas tradicionais por gravidade, associados a estações elevatórias. Assim, os sistemas drenagem por vácuos oferecem algum ganho operacional adicional e vantagens quando em confronto com os sistemas de drenagem tradicionais gravíticos associados a sistemas elevatórios[1].

Os sistemas de drenagem pública por vácuo devem ser considerados, como alternativa ao sistema tradicional, quando se está perante uma ou mais dos seguintes circunstâncias:

- Baixa densidade populacional

- grandes condicionalismos construtivos (devido a limitações de espaço ou existência de outras infra-estruturas)

- Nível freático elevado

- Terrenos instáveis (solo arenoso)

- Variação de alto fluxo (por exemplo Resorts)

- Áreas de proteção de água

- Necessidade de conservação de água (por exemplo clima árido e seco)

3.5. SISTEMA PREDIAL DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS POR VÁCUO - INDOOR

3.5.1. DESCRIÇÃO DO SISTEMA

A filosofia da aplicação do sistema de esgotos por vácuo em redes prediais é a mesma que a das redes exteriores. Em Redes Prediais as Câmaras de Recolha são substituídas pelas Válvulas de Interface. Tal como nas câmaras de Recolha, as Válvulas de Interface têm como função fazer a ligação entre o esgoto gravítico e por vácuo.

Os sistemas de drenagem a vácuo baseiam-se num princípio básico: de usar o diferencial de pressão gerado no sistema para provocar o transporte do esgoto das instalações sanitárias, tais como, bacias de retrete, chuveiros, lavatórios, mictórios, etc.

Os sistemas de drenagem de águas residuais sob vácuo podem distinguir-se tês componentes principais tipo: dispositivos de interface, rede de tubagens e estação sob vácuo.

Os dispositivos de interface num sistema sob vácuo incluem a válvula de vácuo ou válvula de interface vácuo/gravidade, a câmara de válvula, a câmara de recolha de águas residuais e a tomada de água.

A válvula de vácuo possui, em regra, uma secção de saída de 75 mm de diâmetro e estabelece a interface entre o sistema sob vácuo a jusante, e o sistema gravítico, a montante, que transporta as águas residuais provenientes das habitações. Garante, assim, a separação entre o vácuo nas tubagens de transporte e a pressão atmosférica instalada na rede predial. Esta válvula é accionada

pneumaticamente, não necessitando por isso de qualquer fonte de energia exterior. Quando a válvula se encontra fechada, isola o sistema a jusante, mantendo o nível de vácuo proporcionado pelas bombas de vácuo.

Quando a válvula abre permite, por diferença de pressão, o escoamento da água residual acumulada na câmara de recolha.

Baseando-se no diferencial de pressão do sistema com pressão atmosférica, com a baixa de pressão (negativa) no interior das tubagens, é assim provocado o transporte através de uma rede de tubagens com ajuda de uma central de vácuo automatizada. Posto isto, o escoamento que aflui a um ou mais pontos é encaminhado graviticamente até uma válvula de interface. A partir da válvula de interface o esgoto é transportado por vácuo até à estação de vácuo. No caso dos sanitários, os convencionais têm de ser substituídos pelos sanitários de vácuo.

Quando o botão do autoclismo da bacia de retrete é pressionado ou volume de água acumulado em qualquer outro dispositivo de utilização, a válvula abre-se, aspira o esgoto em direção à unidade central e, no caso da bacia de retrete, ao mesmo tempo liberta um jato de água limpa de 1,2 litros, suficiente para uma adequada limpeza.

Após o esgoto chegar a uma estação de vácuo, este é armazenado num tanque de armazenagem, sendo posteriormente encaminhado para um coletor, intercetor e ou tratamento.

No caso das bacias de retrete, se compararmos esta solução com as que necessitam de um volume de água de 6,0 a 12,0 litros por descarga, verifica-se uma economia significativa que varia entre 80 a 90% no consumo de água[1].

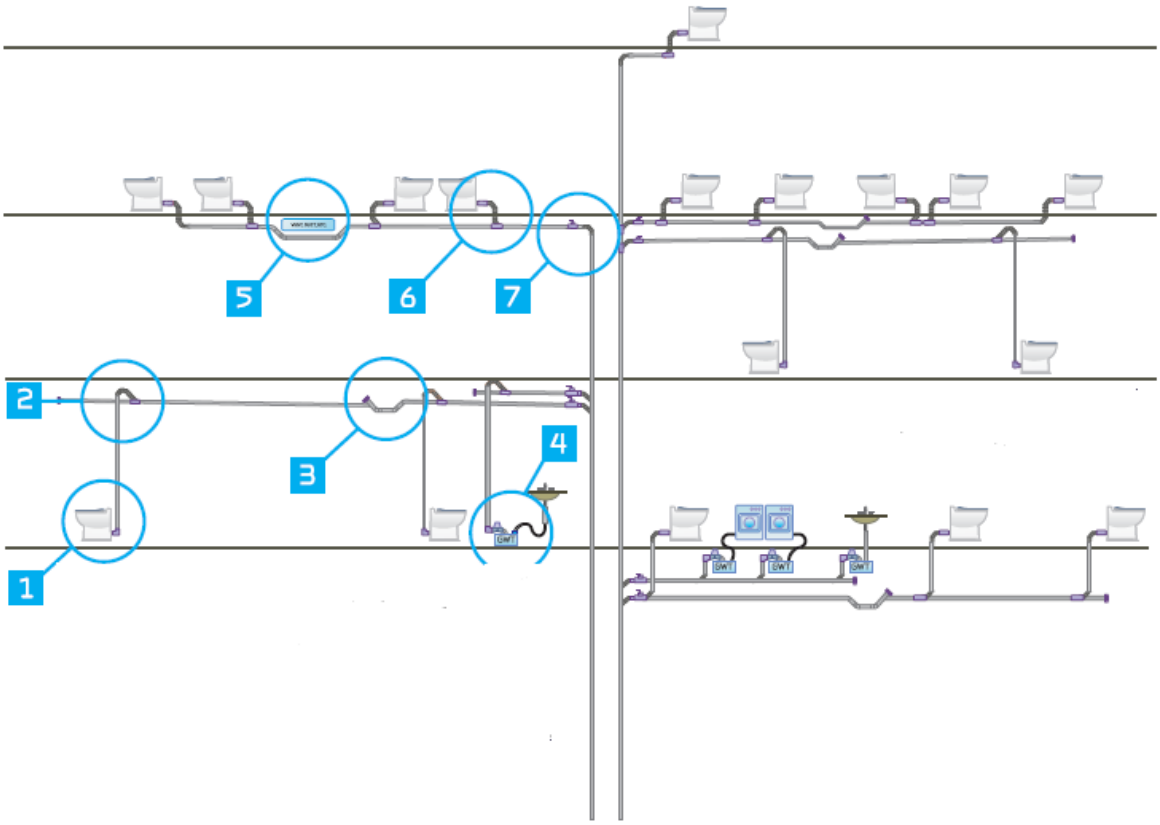


Figura 13 – Esquema básico do sistema de drenagem de águas residuais a vácuo [1]

O sistema de drenagem predial de esgoto a vácuo apresentado é composto conforme a Figura 13 – Esquema básico do sistema de drenagem de águas residuais a vácuo [1], por quatro componentes principais:
- Uma central de vácuo automatizada com painel de controlo responsável pela produção de vácuo no interior das tubagens e pela reserva temporária de esgoto;

- Um sistema de tubagens, interligando os pontos de descarga de esgoto à central de vácuo automatizada;

- Bacia de retrete e ou outro dispositivo de utilização, com características para instalação em sistemas de drenagem de águas residuais domésticas por vácuo, por conseguinte específico para aplicação com este sistema;

- E válvulas de interface, utilizadas para drenarem o esgoto proveniente de lavatórios, mictórios, chuveiros e outros dispositivos de utilização instalados[20].

3.5.2. ASPETOS DE DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

Os sistemas de drenagem de águas residuais sob vácuo apresentam um escoamento bifásico, constituído por uma fase gasosa a uma fase líquida, com relações ar/massa líquida tipicamente de 1:1 a 4:1,. Podendo, no entanto, essa relação atingir valores mais elevados.[21]

As condutas do sistema sob vácuo, bem como os principais componentes da estação de vácuo, são dimensionadas, em regra, para um caudal de ponta que corresponde ao máximo caudal que se espera que aflua ao sistema.

A definição de um sistema de drenagem de águas residuais sob vácuo compreende, numa primeira fase, o estabelecimento do traçado em planta, de acordo com os critérios de conceção e traçado e, numa segunda fase, o dimensionamento hidráulico do sistema. O dimensionamento hidráulico compreende a determinação dos caudais de dimensionamento e a verificação hidráulica propriamente dita. Para este feito é necessário ter em linha de conta que os sistemas de drenagem de águas residuais sob vácuo são dimensionados para níveis de vácuo entre 5,5 e 6,8 m H2O, níveis estes que deverão ser garantidos junto às bombas de vácuo[21] . Da energia total disponível, 1,5 m H2O são geralmente reservados à perda de carga associada à operação das válvulas. Assim, tornam-se apenas disponíveis 4m H2O para o escoamento da água residual no sistema. Nestas condições, a perda de carga total, entendida como a soma da perda de carga contínua com as perdas de carga localizadas ao longo da rede, não poderá exceder 4 m H2O.

As perdas de carga contínuas em sistemas sob vácuo são devidas ao atrito do escoamento bifásico, e podem ser determinadas afetando a perda de carga correspondente a um escoamento fictício monofásico da massa líquida, em secção cheia, por um fator que tenha em conta as características do escoamento real, bifásico [21].

As perdas de carga localizadas estão relacionadas com a configuração dos coletores em planta e perfil e resultam, designadamente da implantação de degraus de elevação previstos nas configurações típicas de troços ascendentes ou de nível.

O procedimento de avaliação das condições de funcionamento do sistema, face à energia disponível consiste em, para uma determinada solução, calcular as perdas de carga existentes. Se as perdas de

carga calculadas forem inferiores à energia disponível para o transporte, então o dimensionamento de base é aceitável. Caso contrário, será necessário proceder ao redimensionamento do sistema e à análise, do ponto de vista do funcionamento hidráulico, desta nova solução.

3.5.3. ESTAÇÃO DE VÁCUO

O funcionamento de central de vácuo é idêntico a uma estação elevatória nas redes gravíticas. As bombas transportam o esgoto do tanque coletor através de uma tubagem até a um coletor e ou intercetor e ou uma estação de tratamento. A estação de vácuo contém normalmente 2 a 5 bombas para produzir vácuo, quer na rede de esgoto, quer no tanque coletor.

A estação de vácuo, que deve ser localizada num ponto central relativamente a todo o sistema, promove a recolha das águas residuais, conduzindo-as posteriormente, e no caso geral, para uma estação de tratamento de águas residuais ou para o sistema geral de águas residuais da zona. A estação de vácuo inclui diversos órgãos, designadamente as seguintes: bombas de vácuo, bombas de águas residuais, reservatórios de vácuo e um grupo gerador de emergência [21]. As bombas de vácuo têm como função a instalação de condições de sub-pressão adequadas ao transporte da água residual. De acordo com a experiência existente, a condição de vácuo no sistema deve manter-se entre 5,5 e 6,8 m H2O [21]. Em cada estação de vácuo deverão ser instaladas pelo menos duas bombas de vácuo, sendo uma de reserva. As bombas dos grupos electrobomba de águas residuais são necessárias para transportar o efluente armazenado no reservatório de água residual para a estação de tratamento. Deverão ser previstos sempre equipamentos de reserva no sistema. O arranque e a paragem dos grupos são controlados a partir de níveis pré-fixados no reservatório, e podem ser conhecidos recorrendo a sondas [21]. A água residual é armazenada no poço ou reservatório, até que seja atingido um nível pré-determinado e "arranque" o grupo electrobomba. Os reservatórios devem ser estanques e com capacidade para suportar os níveis de vácuo habituais no sistema. A entrada de água residual no reservatório dá-se para que na zona superior tenha lugar a transferência de vácuo, proporcionado pelas bombas de vácuo, para a rede de drenagem propriamente dita [21]. O reservatório de vácuo localiza-se entre as bombas de vácuo e o reservatório de água residual. Este reservatório tem como funções operar como reservatório de emergência e promover a sequência de arranque das bombas de vácuo [21].

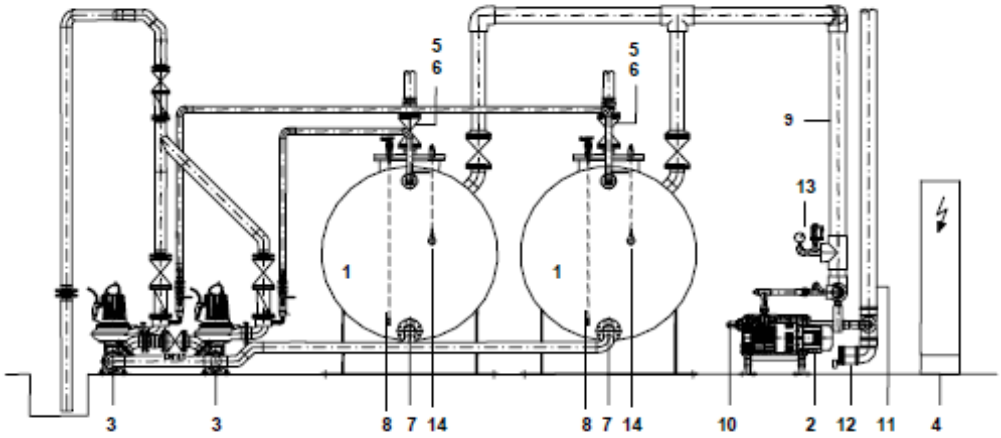


Figura 14 – Exemplo de uma estação de vácuo [1]

A estação de vácuo conforme a Figura 14 é assim constituída pelos elementos seguintes:

2 peças Tanque de vácuo -1

4 peças Bombas de vácuo -2

2 peças Bombas de descarga -3

1 peça unidade de controle –(painel de controle) -4

Esta estação é construída com duas flanges de ligação – 5 que estão ligadas às linhas de vácuo proveniente das unidades de evacuação de saneamento do edifício. A flange de ligação é fornecida com uma válvula (6), tem a funcionalidade de desligar em caso de incidente. Na parte inferior do tanque de vácuo (1), a estação é equipada com uma tomada (7), que está ligado através de duas bombas de descarga (3) para o sistema de esgoto municipal. O efluente que flui para o tanque através do vácuo no tubo que posteriormente, fica temporariamente recolhido no tanque de vácuo. Uma das duas bombas de descarga conduz então automaticamente para o sistema de esgoto municipal. As bombas de descarga são acionadas por meio de um nível capacitivo indicador (8). As quatro bombas de vácuo (2) estão ligadas através de tubos de aspiração (9), com o tanque de vácuo e pressão (10) por meio de condutas de exaustão (11). O tubo de" escape" está ligado a uma acumulação localmente filtro bio. A água que se condensa acumulada no tubo de" escape", é evacuada por meio da unidade de interface de condensação (12). As bombas de vácuo sugam o ar, que entrou no sistema de vácuo através das unidades de interface. Se a pressão do reservatório de vácuo cair para aproximadamente - 500 hPa (mbar), a bomba principal é acionada automaticamente por meio de um interruptor de pressão (13). Depois de reestabelecido de que o vácuo necessário - 600 hPa (mbar) e um funcionamento residual, a bomba é novamente desligada. Se a pressão cair para aproximadamente - 450 hPa (Mbar), apesar de a bomba de vácuo de funcionamento, poderá passar para a segunda e se necessário, terceira e quarta bomba de vácuo são acionados embora por meio do interruptor de pressão (13). Todas as bombas de vácuo desligar novamente, depois de ter atingido a operar sob pressão - 600 hPa (mbar). Se o vácuo de - 600 hPa (mbar) não é alcançado dentro de aproximadamente. 180 minutos todas as bombas desligar automaticamente e um mau funcionamento é sinalizado. O controlo do nível das bombas de descarga é conseguido com um indicador de nível capacitiva (8). Ao atingir o interruptor de acionamento ponto "START" as bombas de descarga é acionada. Após o nível de enchimento do tanque decaiu nas bombas de descarga será interrompido para o interruptor de acionamento ponto "STOP". Se as bombas de descarga não são iniciadas e os tanques de vácuo, 10 segundos após ter atingido o terceiro interruptor atuação ponto "PRÉ-ALARME" um pré-alarme é sinalizado. Se o tanque vai ser cheio até o interruptor de bóia (14), as bombas estão bloqueadas e um mau funcionamento é sinalizado[1].

3.5.4. TRAÇADO DO SISTEMA DE TUBAGENS

O Traçado do sistema de tubagens, quer das principais quer das secundárias deverá ser o mais rectilineo possível, evitando sempre que possível desvios, quer na horizontal quer na vertical, tendo em consideração a criação de uma maior eficiência do sistema e evitar gastos suplementares desnecessários.

A instalação das tubagens horizontais apresenta algumas particularidades. Após o fim de cada descarga de cada aparelho, este cessa, logo ocorre uma deposição gradativa do efluente na tubagem e eventualmente nos pontos mais baixos do seu traçado. Tendo em consideração esta situação, é essencial criar bolsas intermediárias para acumulação deste efluente, designadas bolsas de transporte ou bolsas de reforma, isto para que na descarga seguinte de qualquer aparelho seja possível expulsar esta quantidade de efluente presente naquela parcela da tubagem. Além disso, as bolsas propiciam a recuperação da altura inicial da tubagem horizontal em relação ao teto e ou laje da edificação. [20]

Na Figura 17 temos um exemplo de uma bolsa de transporte.

Figura 15 – Bombas de Vácuo

Figura 16 – Bombas de descarga

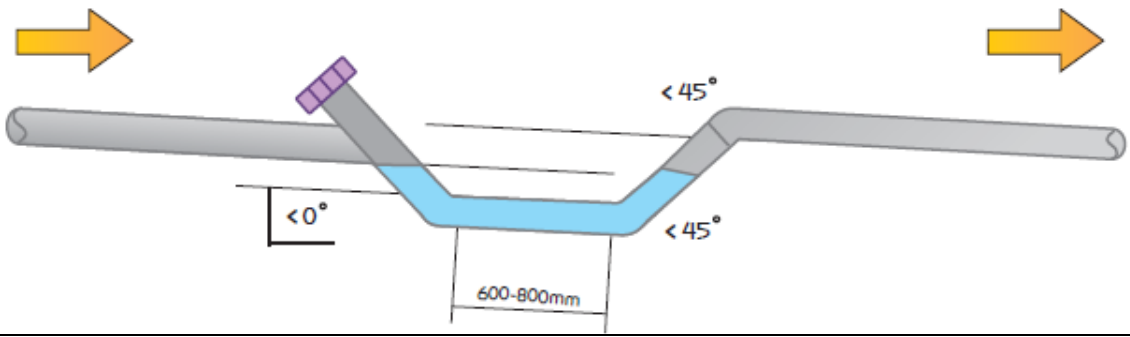


Figura 17 – Bolsas de transporte/ espaçamento

Também na Tabela 2 se apresenta o espaçamento necessário para os vários diâmetros da tubagem.

Tabela 2 – Espaçamento entre bolsas de transporte [20]

Diâmetro Externo da Tubagem (mm)	**Distância mínima (mm)**	**Distância máxima (mm)**
60	17	50
75	20	60
85	25	75
110	34	100

Em algumas situações particulares, como é o caso em que é necessário executar um desvio, relativamente a algum elemento estrutural, deve-se executar uma bolsa de transposição conforme a Figura 18, obedecendo as regras de elevações[20].

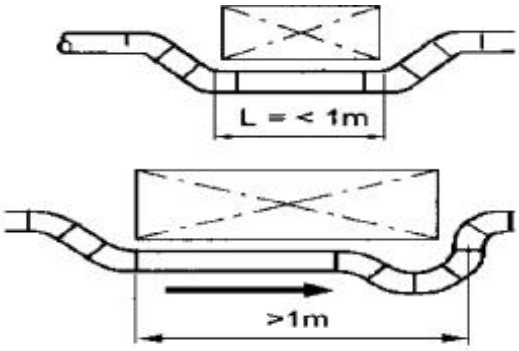


Figura 18 – Bolsa de transposição [20]

Este sistema permite uma grande diversidade de aplicação devido ao facto de, a pressão interna ser menor que a pressão atmosférica possibilitando a subida do efluente.

Para projetar e executar o sistema de tubagem, devem ter-se em consideração as condições seguintes:

- Os diâmetros externos (DE), geralmente utilizados variam de 50 a 100 milímetros;

- Inclinação mínima das tubagens horizontais deverá ser de 0,2%, na no sentido da drenagem do efluente;

- Para interligar a tubagem secundária à principal deverá sempre utilizar a junção simples a 45º;

- Na mudança de direção da tubagem devem apenas utilizar-se curvas de grande raio e de 45º, conforme esquematizado na Figura 19, já que as mudanças de direção por curvas de 90º são muito bruscas, por provocarem, sendo portanto proibida a sua aplicação[20].

Raio
Longo 90º

Cotovelo
45º

Junção
45º

Figura 19 – Juntas e curvas [20]

- Quando duas tubagens horizontais se unem, a tubagem secundária deverá ligar-se sempre num nível acima ao da tubagem principal ilustrado na Figura 20Figura 20.

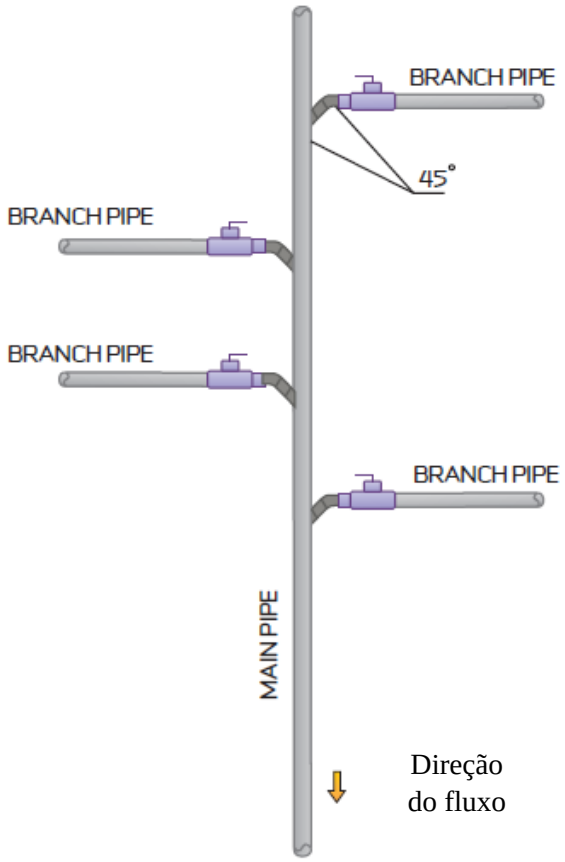


Figura 20 – Interligação de duas tubagens horizontais [20]

- A interligação das bacias de retrete ou da válvula de interface a uma tubagem secundária, pode ser feita com uma curva de raio curto, desde que a distância da curva até à bacia de retrete ou à válvula seja inferior a 1 metro (Ilustrado na Figura 21)[20].

Figura 21 – Curvas de raio curto [20]

Este sistema prevê válvulas de isolamento nas tubagens principais e secundárias, sendo que, é necessário ter em conta a sua correta localização, de modo a secionar adequadamente essa tubagem e facilitando a futura manutenção e evitando eventuais perdas de vácuo. As válvulas de isolamento secionamento também devem ser previstas na chegada de cada tubagem à central de vácuo, com o

mesmo intuito de facilitar a manutenção e identificar potenciais perdas de vácuo de acordo com a Figura 22[20].

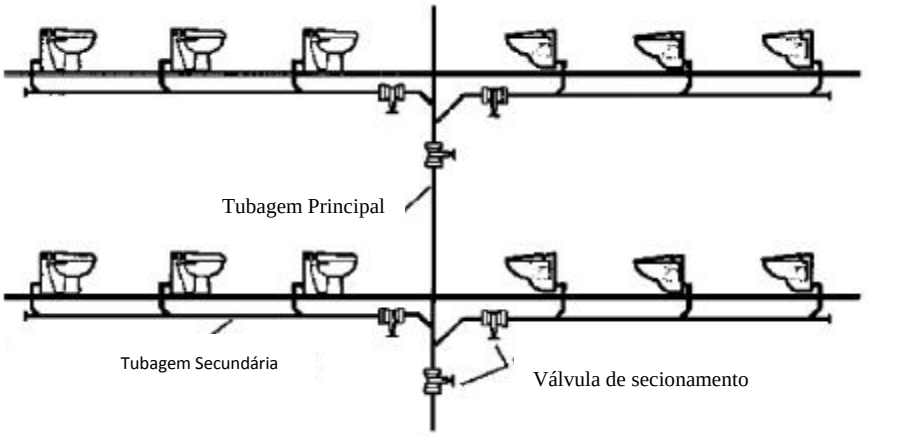


Figura 22 - Posicionamento de válvulas de secionamento [20]

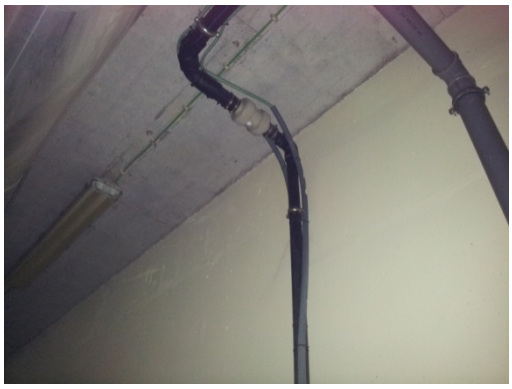


Figura 23 - Válvula de secionamento do edifício estudado

As válvulas de secionamento deverão ser instaladas, sempre que possível, na vertical, evitando-se assim criar potenciais pontos de sedimentação de efluente (Ilustrado na Figura 24).

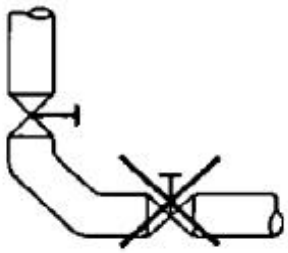


Figura 24 - Posicionamento de válvulas secionamento [20]

Nas tubagens verticais, com fluxo ascendente, não deve ser executada aumento da secção da tubagem. (ilustrado na Figura 25). No caso das tubagens horizontais, não deve ser executada uma redução na secção da tubagem na direção da vazão (ilustrado na Figura 26)[20].

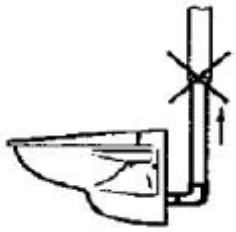


Figura 25 – Aumento da secção da tubagem vertical [20]

Figura 26 – Redução da secção da tubagem horizontal [20]

Em casos em que o traçado da tubagem se tem que desviar de algum obstáculo, como por exemplo: vigas, pilares, etc, desenvolvendo assim troços ascendentes e descentes, somatório dos troços ascendentes não deverão ultrapassar os 5 metros, sem que os troços descendentes os tenham compensado. (Ilustrado na Figura 27)[20].

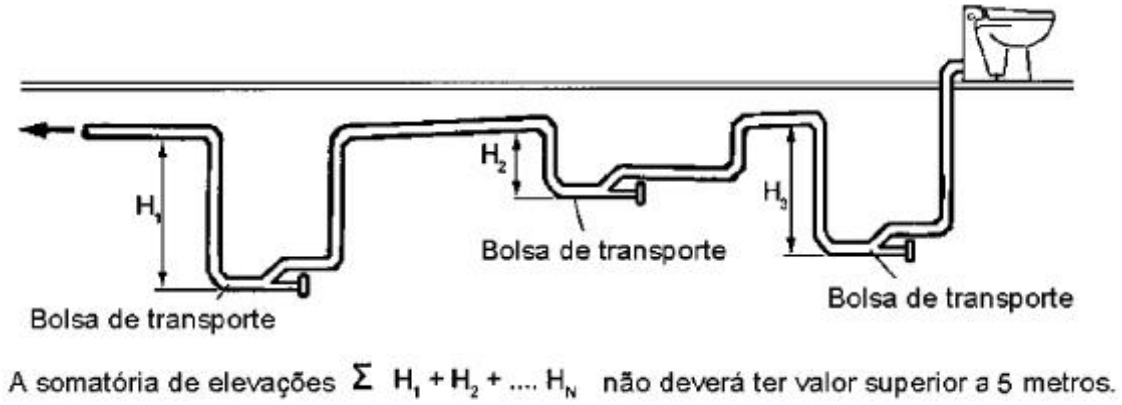

H1
H2
H3
Bolsa de transporte
Bolsa de transporte
Bolsa de transporte
A somatória de elevações Σ H1 + H2 + ... HN não deverá ter valor superior a 5 metros.

Figura 27 - Somatório máximo de elevações [20]

As tubagens ascendentes deverão ser assentes de forma a ficarem sem qualquer inclinação lateral, ou seja, perfeitamente verticais.

Deverão ser previstas válvulas de retenção em pontos onde seja possível o retorno do efluente.

Nos edifícios com mais de 5 pisos (15,00 metros de altura) ou até 15 pisos (45,00 metros de altura), a interligação da tubagem horizontal secundária (ramal) do piso térreo deverá ser executada com ligação direta à tubagem horizontal principal (coletor) do sistema, não sendo possível qualquer ligação à tubagem vertical principal neste nível. Deverá ainda ser utilizada uma válvula de retenção junto à tubagem horizontal secundária (ramal), sempre que possível. O ponto da interligação (representado conforme figura pela junção simples), deve estar a pelo menos 2,00 metros da tubagem vertical principal. Para edifícios com mais de 15 andares, as tubagens do piso térreo e as do primeiro piso deverão ser interligadas diretamente à tubagem horizontal principal (que vai a central de vácuo), e nunca à tubagem vertical principal, para que não ocorra retorno de esgoto nos aparelhos do primeiro piso (Ilustrado na Figura 28)[20].

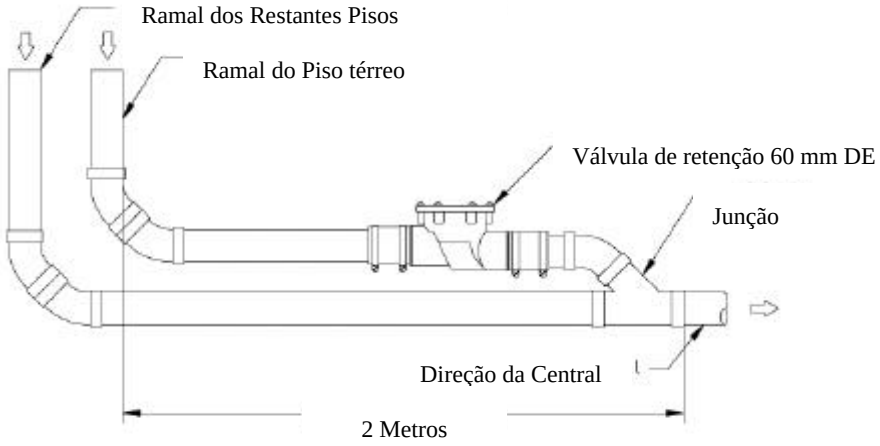


Figura 28 - Interligação das tubagens horizontais secundárias e principal [20]

3.5.5. LIGAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS SANITÁRIOS AO SISTEMA DE TUBAGEM

A ligação dos equipamentos sanitários ao sistema de tubagem varia de acordo com o fluxo do efluente. Se o fluxo for ascendente os troços a executarmos devem ter em consideração desnível a vencer.

Assim, para um desnível de até 1 metro, basta a execução direta de uma bolsa com duas curvas de 45º, conforme a Figura 29.

Quando o desnível for entre 1,00 e 2,00 metros, deve-se executar um "pescoço de ganso" para que a tubagem vertical chegue acima do nível da tubagem horizontal a qual se irá ligar, de forma a prevenir o retorno do efluente (ilustrado na Figura 30)[20].

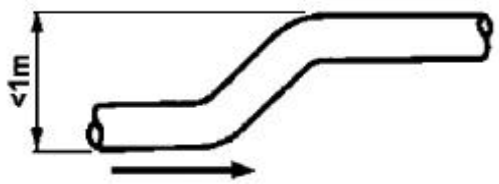


Figura 29 - Arranjo de tubagem / menos de 1 metro de elevação [20]

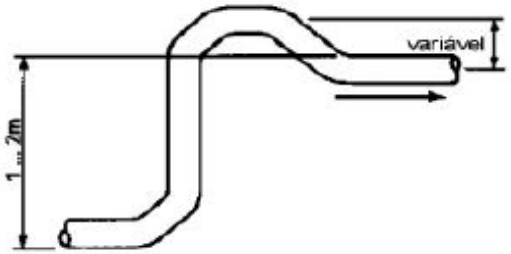


Figura 30 - Tubagem com fluxo ascendente de 1 a 2 metros de elevação [20]

Para desníveis entre 2 e 3 metros, deve-se também executar o pescoço de ganso na parte superior do ramal vertical, e a tubagem não deverá ter diâmetro superior a 50mm e a subida do troço deve ocorrer logo após a ligação do aparelho (bacia ou válvula de interface) (ilustrado na Figura 31)[20].

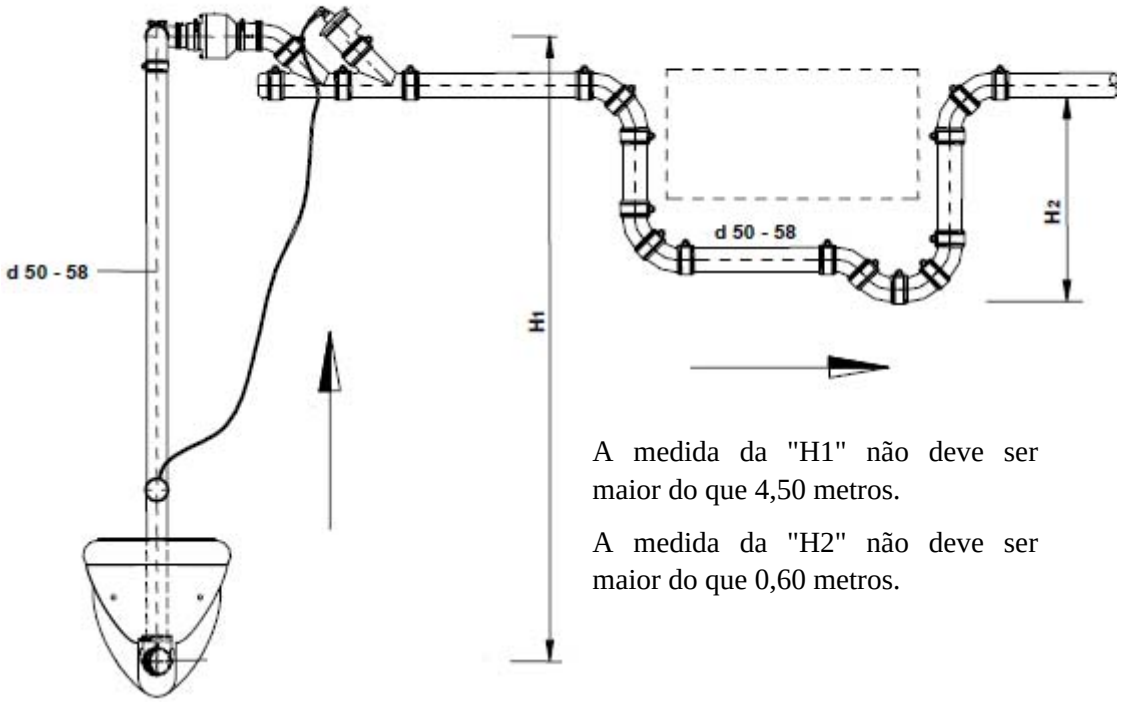


Figura 31 - Tubagem com fluxo ascendente de 2 a 3 metros de desnível [1]

Nos casos em que é necessário vencer alturas de 3 a 5 metros, deve-se ainda instalar, em conjunto com o citado troço, uma válvula de retenção, evitando-se o refluxo de esgoto (ilustrado na Figura 32)[20].

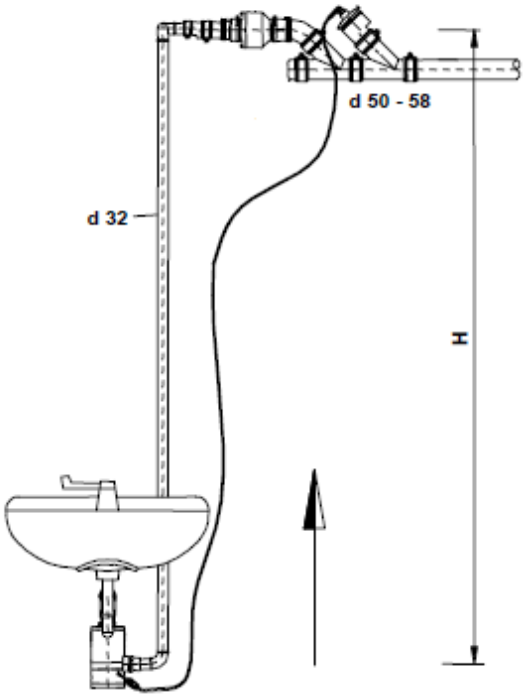


Figura 32 - Tubagem com fluxo ascendente de 3 a 5 metros de desnível [1]

Para os casos em que seja necessário um troço de tubagem para vencer um desnível maior que 5,00 metros, deverá consultar-se diretamente a equipe técnica do fornecedor responsável pela análise de viabilidade de execução e de operação do sistema.

Em tubagens verticais, de fluxo ascendente, quando for necessário desviar a tubagem de algum obstáculo (elemento estrutural, outras tubagens, etc.), a distância máxima permitida entre eixos das tubagens paralelas não deve ser superior a 1,00 metro (ilustrado na Figura 33)[20].

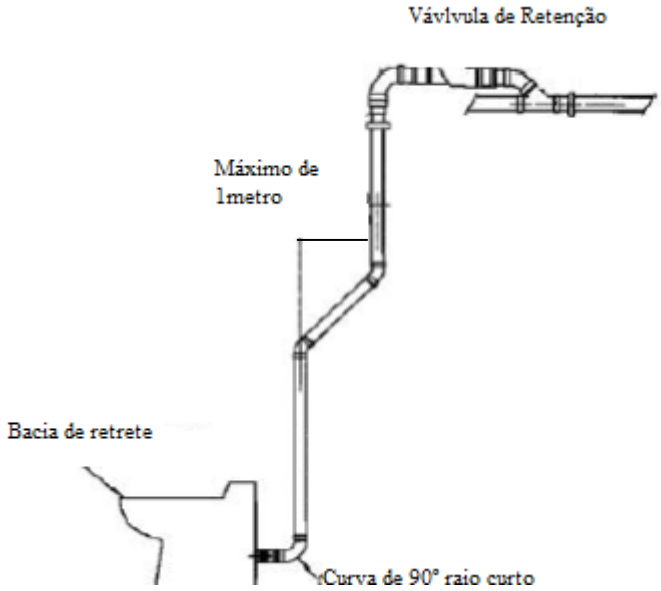


Figura 33 - Tubagem vertical, com fluxo ascendente, realizando desvio [20]

3.5.6. LIGAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS SANITÁRIOS AO SISTEMA DE TUBAGENS

No caso de necessidade de interligar uma tubagem secundária à principal, sendo as duas horizontais, esta ligação deverá ser efetuada de tal forma que a tubagem secundária chegue acima da principal, perpendicularmente (ilustrado na Figura 34). Esta ligação possui uma junção simples com rotação em relação ao eixo, em que forma um ângulo de 45º com a vertical (ilustrado na Figura 35). Para conclusão da montagem, devem ser instalados duas curvas de 45º, para assim unir as duas tubagens (ilustrado na Figura 36)[20].

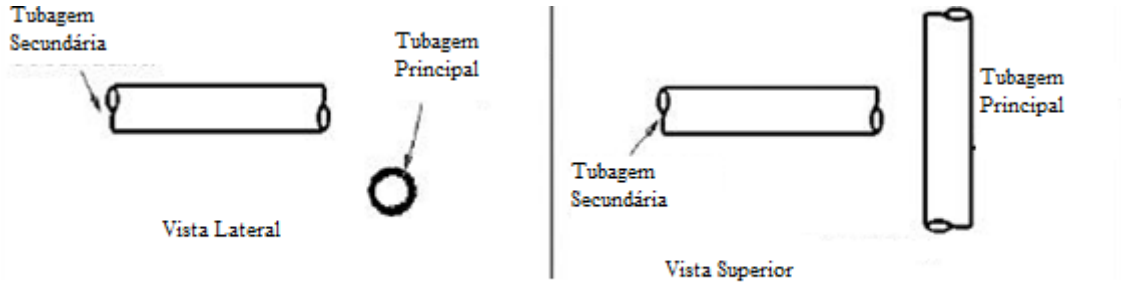


Figura 34 - Posicionamento das tubagens secundária e principal [20]

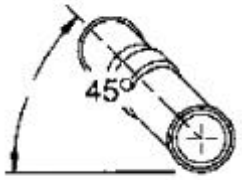


Figura 35 - Rotação da conexão de tubagem secundária (junção de 45º) [20]

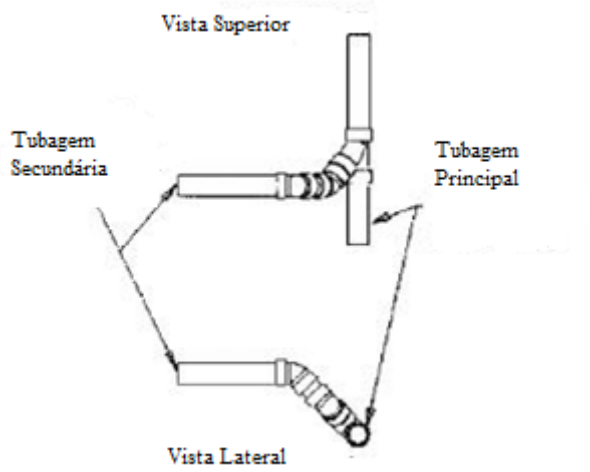


Figura 36 - Arranjo final da interligação da tubagem secundária à principal [20]

Outro exemplo ocorre quando a ligação da tubagem vertical, com o fluxo ascendente, a uma tubagem principal horizontal, fixada junto teto laje do edifício.

Neste caso, a tubagem horizontal tem uma junção simples, em rotação, como descrito anteriormente, em que no topo da tubagem vertical será executado um pescoço de ganso, formado pela conjunção de uma curva de 90º de grande raio e uma curva de 45º, pode assim ligar-se à tubagem horizontal, através de junta simples já com rotação. Deve aplicar-se uma válvula de retenção, caso o troço vertical de elevação seja maior que 3 metros (ilustrado na Figura 37[20].

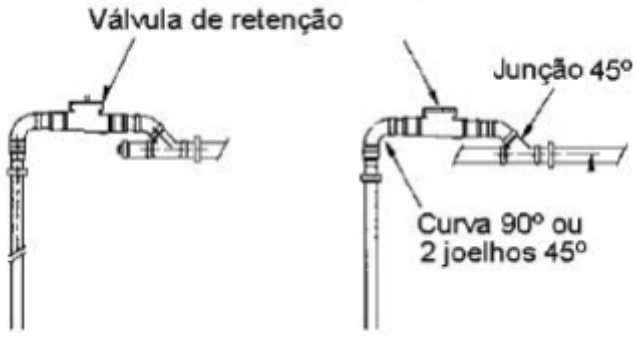


Figura 37 – “Pescoço de ganso” com válvula de retenção [20]

3.5.7. PONTOS DE VISITA OU INSPEÇÃO NA TUBAGEM

Também devem ser previstos pontos de inspeção, normalmente localizadas de maneira a facilitar o seu acesso, constituídos por uma junção simples. Os pontos que necessitam sempre de inspeção estão representados conforme a Figura 38.

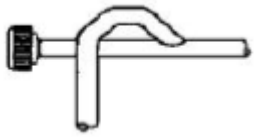
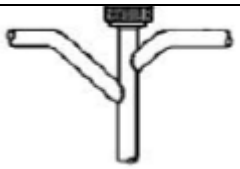
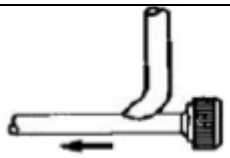
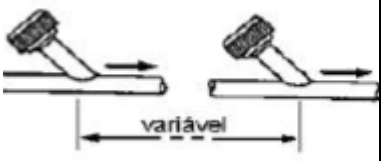
<table>
<tr><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>No início das tubagens horizontais</td><td>No início das tubagens verticais</td><td>Em mudanças de direção de 90º</td></tr>
<tr><td colspan="2"> </td><td> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">Junto às bolsas de transposição e de transporte</td><td>Em intervalos máximos</td></tr>
</table>

Figura 38 – Pontos para execução de inspeção [20]

3.5.8. ANCORAGEM DA TUBAGEM

Pela maleabilidade proporcionada pelo sistema a vácuo, que possibilita mudanças de direção do traçado, grande parte dos projetos que utilizam este sistema especificam o assentamento da tubagem seja realizado através de braçadeiras e suportes. Evita-se assim o seu embutimento, em alvenaria, lajes e pisos, conforme a Figura 39[20].

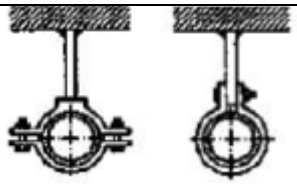
<table>
<tr><td>  </td><td> </td></tr>
<tr><td>Braçadeiras com haste, para simples fixação junto a alvenaria e lajes</td><td>Braçadeiras com hastes, para resistência a esforços laterais</td></tr>
</table>

Figura 39 – Assentamento de tubagem utilizando-se braçadeiras [20]

Este método de aplicação das tubagens, facilita não só a sua execução, porque evita a abertura de roços nas alvenarias, como também traz, do ponto de vista da manutenção do sistema, facilidade de acesso às válvulas e à deteção de fugas de vácuo.

Os espaçamentos entre pontos de ancoragem e suporte devem ser executados, função do diâmetro da tubagem, conforme a Tabela 3[20].

Tabela 3 - Espaçamentos mínimos de ancoragem [20]

DE (mm)	Ponto de Ancoragem a cada (m)
5 e 6	2,00
7,5	2,50
8,5 e 11	3,00

Além de ter de respeitar os limites máximos de distâncias entre pontos de ancoragem e suporte, devem utilizar-se braçadeiras em conjunto com as hastes de apoio que não permitam a deslocação da tubagem. Não é permitido a existência de troços de tubagem fletidos (formando barrigas), pois isto iria provocar pontos indesejados de acumulação de efluente.

Além disso, sempre que houver mudança de direção da tubagem, o ponto final da antiga direção anterior e o ponto inicial da nova devem ser ancorados (ilustrado na Figura 40)[20].

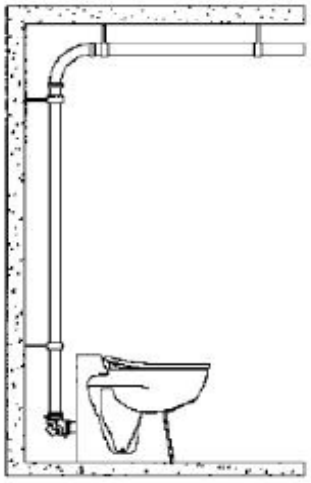


Figura 40 – Exemplo típico de ancoragem de tubagem [20]

3.5.9.TUBAGEM DE EXAUSTÃO DE AR

Como as bombas de vácuo quando em funcionamento podem aquecer de forma significativa a estação de produção de vácuo deve estar equipada com um sistema de ventilação (ou com ar-condicionado) para evitar a existência de temperaturas elevadas[20].

3.5.10.PROIBIÇÕES CONSTRUTIVAS

Para o bom funcionamento do sistema, existem alguns condicionalismos construtivos, os quais devem ser respeitados para que o sistema não apresente perdas de rendimento.

Como já anteriormente se referiu, em tubagens verticais, com fluxo ascendente, não deve ser executado o aumento da secção da tubagem, assim como nas tubagens horizontais não deve ser executada redução da secção da tubagem no sentido de escoamento.

Além disso, deve-se ter cuidado com tubagens horizontais que recebem efluentes de baterias de bacias de retrete e/ou válvulas de interface. Se, por exemplo, em dois níveis e ou pavimentos consecutivos forem instaladas baterias dos equipamentos citados anteriormente, cada uma destas baterias deverá ser

ligada a um ramal principal que deverá ser exclusivo para cada nível e ou pavimento (conforme a Figura 41).

Portanto não é permitido uma solução que possibilite a ligação de equipamentos, de níveis e ou pavimentos diferentes, a um único principal. Cada nível e ou pavimento deverá possuir ramal próprio para drenagem do esgoto de um ou mais equipamentos nele instalados[20].

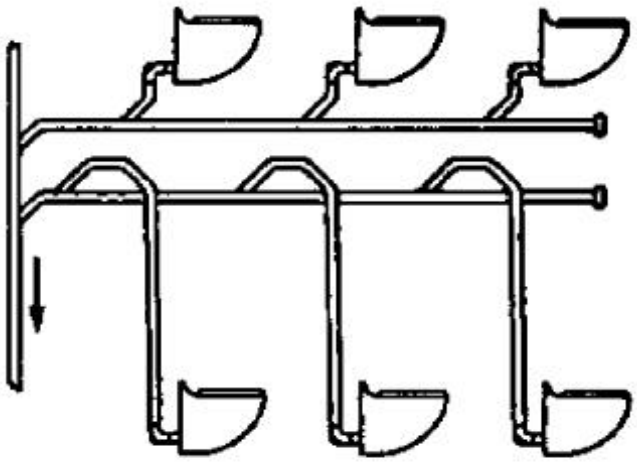


Figura 41 – Arranjo adequado da tubagem [20]

3.5.11. TESTES DE ESTANQUIDADE DO SISTEMA

Depois de toda a tubagem e sistema estarem devidamente instalados, de acordo com projeto, é necessário verificar o seu desempenho funcional. Assim durante a sua utilização são realizados testes de verificação do sistema tendo em vista a verificação da sua eficiência e da manutenção da pressão negativa (vácuo) considerada como necessária no interior da tubagem.

Os níveis de pressão são lidos através de manómetros instalados na tubagem e nos tanques da central de vácuo.

Os testes poderão ser realizados adotando três procedimentos:

- Com vácuo: deve ser criada uma condição de pressão de 20” Hg (-67 kPa), no interior do troço do sistema de tubagem a ser testado. Chegado a esse nível de pressão, deve após 1 hora ser feita a verificação da pressão negativa remanescente. A mínima pressão negativa exigida para este caso é o de 19” Hg (-64 kPa), perda de 1” Hg por hora (3 kPa/hora);

- Com ar comprimido: a seção do sistema de tubagem a ser testada deve ser submetida a uma pressão de +300 kPa, no seu interior. Após 1 hora de espera, o nível mínimo de pressão remanescente será de +285 kPa, ou seja, a perda de pressão máxima admitida é de 15 kPa/hora.

- Com água em pressão: o troço a ser examinado deverá ficar completamente cheio de água, que será ainda submetida a pressão de forma a obter-se a pressão de +300 kPa. Obtido este nível de pressão deverá verificar-se da existência de qualquer ponto que apresente fuga de água.

Algumas notas sobre a verificação e testes das tubagens e seus componentes devem ser tidas em consideração:

- Nos troços que possuem válvula de retenção é necessário verificar o sentido de abertura da válvula, uma vez que dependendo do sentido de escoamento do fluido, quando se realiza o

teste com pressão, a válvula poderá automaticamente fechar-se e o troço subsequente não será testado.

- Os pontos de ligação dos aparelhos a vácuo deverão ser tamponados com, tampão de borracha, ou peça equivalente, que garanta estanqueidade no ponto testado, quando efetuados testes sob pressão "positiva".

- Após a realização de qualquer teste devem verificar-se novamente pontos que possam apresentar perda de vácuo durante a operação do sistema, estes devem ser logo corrigidos e realizada nova verificação.

-Terminada a execução de todo o sistema de tubagens, porém antes da ligação dos equipamentos de utilização a vácuo (bacias de retrete, válvulas de interface, etc.), deverá ainda ser executado um teste à vácuo simultaneamente em todo o sistema, devendo este obedecer aos níveis de perda de pressão preconizado[20].

3.5.12.BACIAS DE RETRETE A VÁCUO

3.5.12.1.Instalação das bacias de retrete a vácuo

A instalação de bacias de retrete a vácuo deve seguir as especificações nos respetivos manuais de instalação A montagem dos elementos constituintes deve ser acompanhada, evitando-se assim possíveis problemas de funcionamento (por exemplo: tubagens deficientes, vazamentos, etc.), a necessidade de manutenção corretiva e ou de emergência, entre outras situações indesejáveis.

3.5.12.2.Descrição das bacias de retrete a vácuo

As bacias de retrete neste sistema foram desenvolvidas para utilização em instalações prediais usando apenas 1,2 litros de água por descarga, promovendo assim uma economia de 90% de água em relação aos sistemas tradicionais.

A montagem é feita na parede ou no piso, e a saída para a rede é horizontal

São fornecidas completas, com tampa, assento, autoclismo e ligação para rede de esgoto a vácuo. Estes aparelhos, apenas precisam, para funcionarem, do vácuo, fornecido pela central de vácuo e existente na tubagem[20].

Figura 42 – Bacia de retrete para sistema de drenagem a vácuo [1]

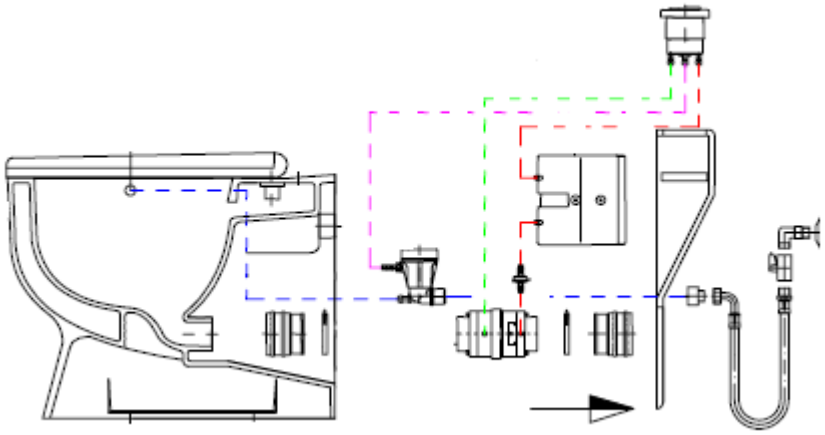


Figura 43 – Esquema de montagem da bacia de retrete instalada no pavimento [1]

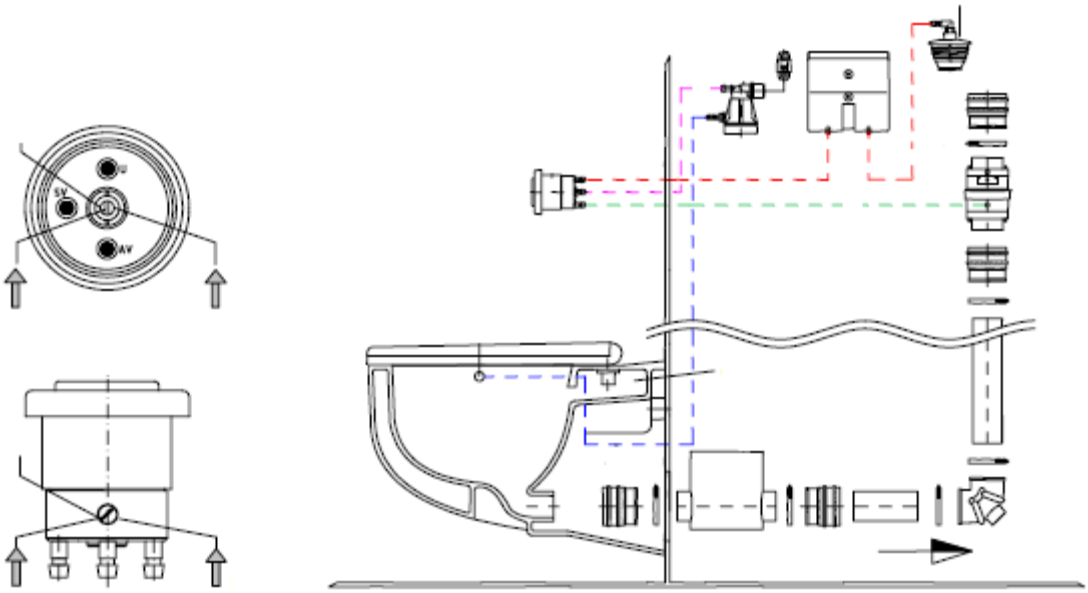


Figura 44 – Esquema de montagem da bacia instalada na parede [1]

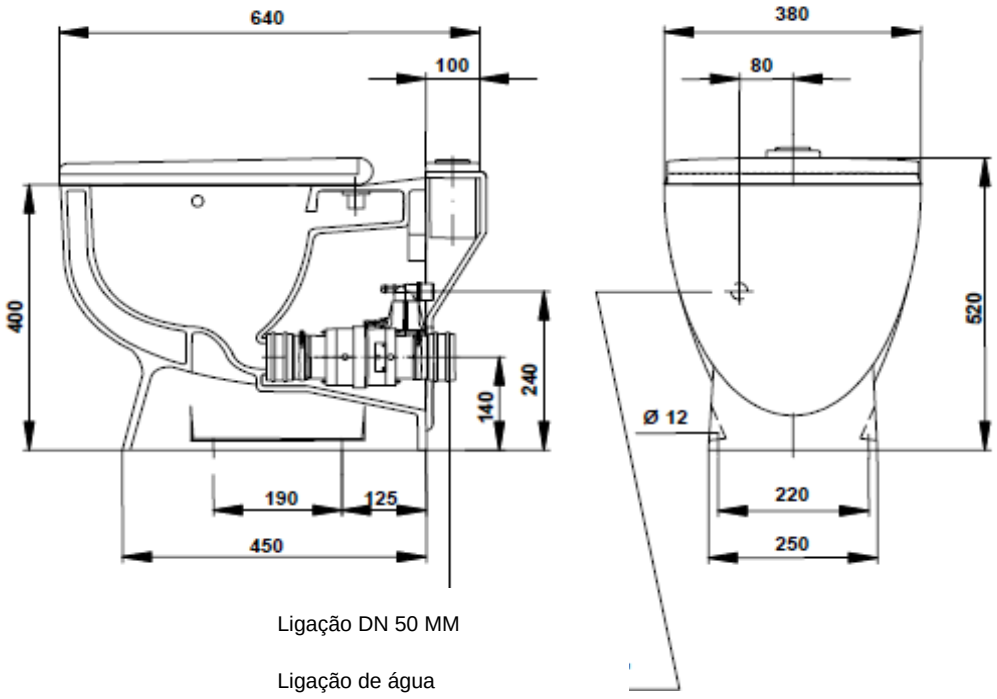


Figura 45 – Esquema de montagem da bacia instalada na parede [1]

3.5.12.3. Botão de descarga da bacia de retrete

Nas instalações no piso o botão de descarga pode estar instalado na parede ou na louça. Já no modelo montado na parede é sempre montado necessariamente na parede.

Quando se instala o botão na parede deve-se prever uma conduta embutida na parede para passagem da mangueira de funcionamento entre o botão propriamente dito e a parte traseira da bacia de retrete, onde fica a válvula de controlo (ilustrado na Figura 46)[20].

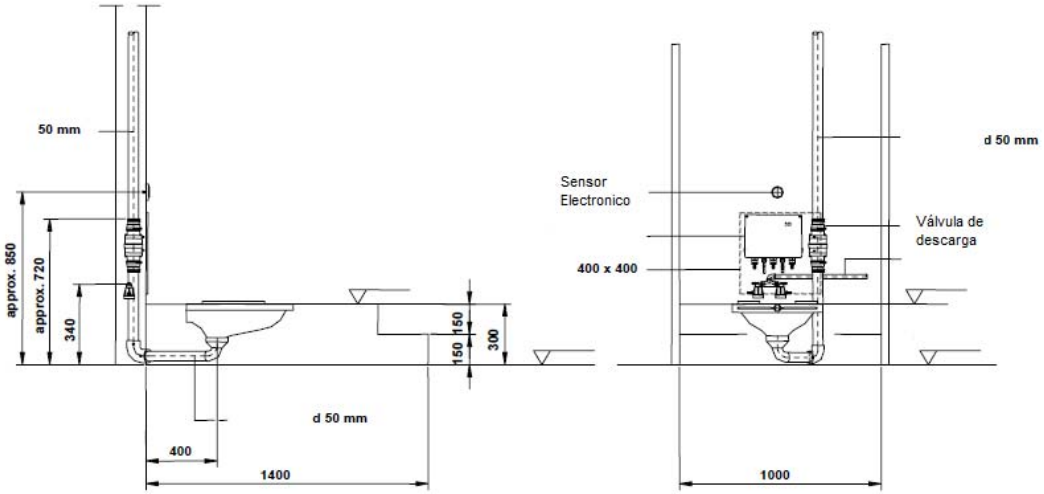


Figura 46 – Posicionamento do botão de descarga [1]

3.5.12.4. Saída de águas residuais a vácuo

Os sistemas a vácuo são dotados de capacidade de elevação do efluente e saída horizontal, assim algumas possibilidades se abrem no que toca à ligação adotando uma rede de tubagem a vácuo, quando temos as instalações a drenar a cota topográfica inferior à rede de drenagem (ilustrado na Figura 47).

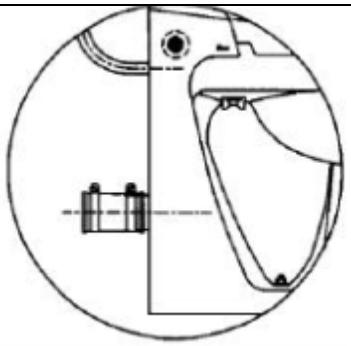
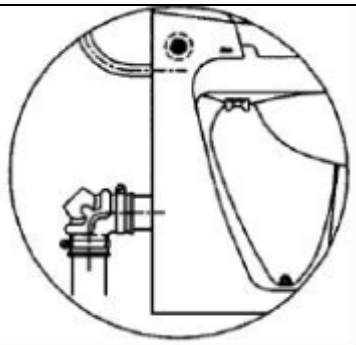
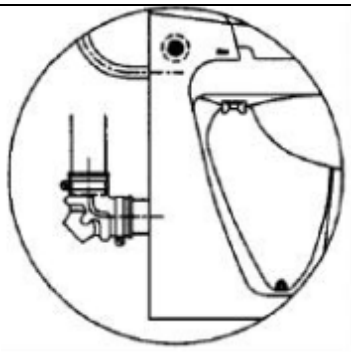
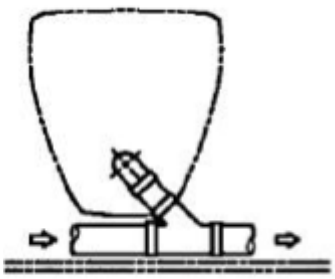
		
Saída opcional de bacia no pavimento	Saída para baixo opcional de bacia na parede	Saída para cima opcional de bacia na parede

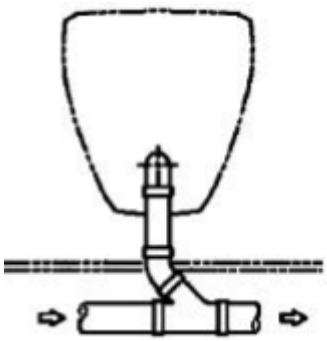
Figura 47 – Possibilidades de saída [20]

3.5.12.5. Ligação com a rede predial de drenagem

O ramal pode ser configurado em diferentes posições em relação aos vasos e elementos estruturais. Pode estar acima da laje, abaixo desta ou quando o efluente estiver subindo, o ramal estará instalado acima do forro (ilustrado na Figura 48)[20].



Tubagem apoiada sobre a laje



Tubagem ancorada sobre a laje

Figura 48 – Ligação da bacia de retrete a tubagem descendente [20]

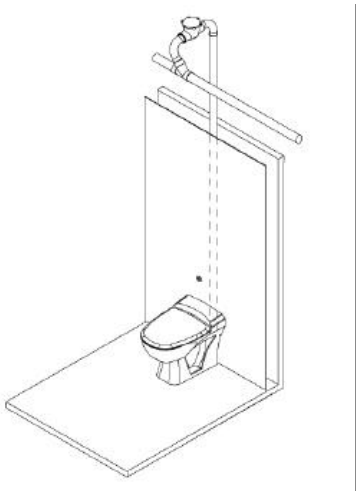


Figura 49 – Ligação da bacia de retrete a tubagem elevada [20]

3.5.12.6. Outras formas de ligação à tubagem

Os desenhos que se seguem mostram algumas possibilidades de drenagem de efluente das bacias de retrete em diferentes configurações.

Exemplos, conforme as Figura 50, Figura 51, Figura 52.

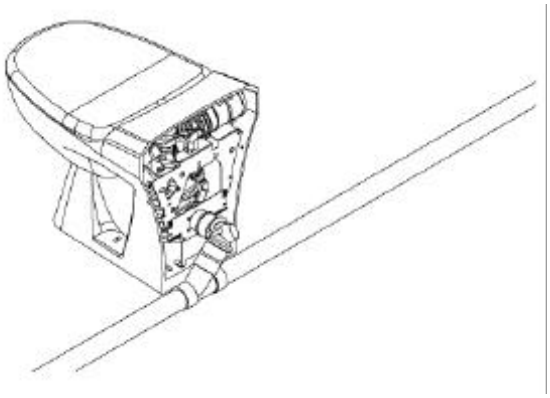


Figura 50 – Ligação de bacia de retrete a tubagem horizontal [20]

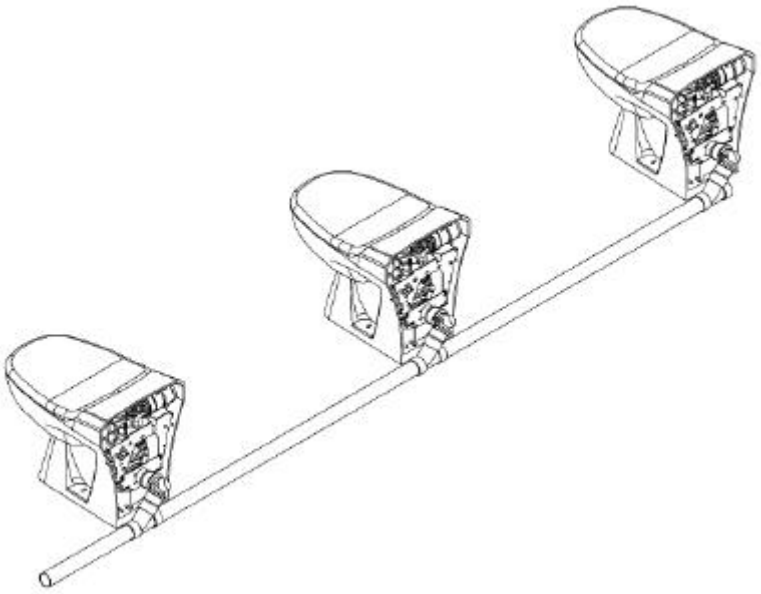


Figura 51 – Ligação de bateria de bacias de retrete a tubagem horizontal [20]

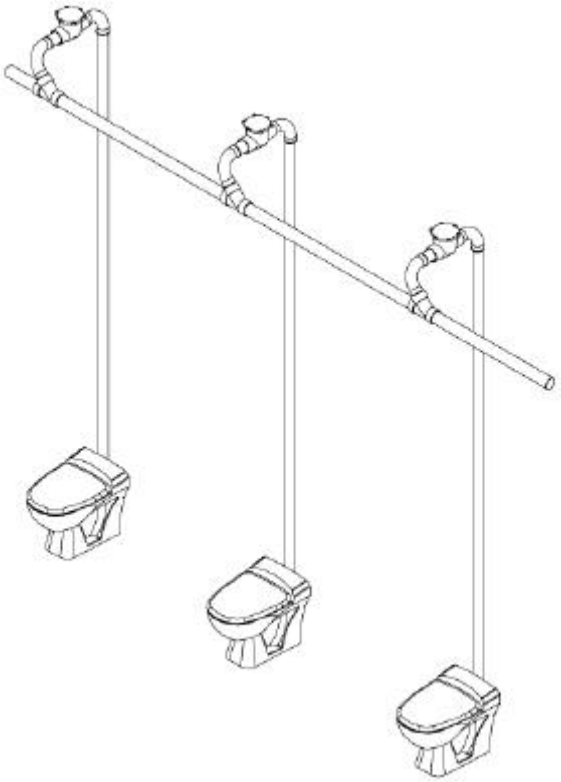


Figura 52 – Ligação de bateria de bacias de retrete a tubagem elevada [20]

3.5.13. VÁLVULAS DE INTERFACE A VÁCUO

3.5.13.1.Válvulas de interface

São denominadas válvulas de interface, os dispositivos do sistema responsáveis pela recolha das águas residuais não provenientes das bacias de retrete a vácuo e ligação ao sistema de drenagem a vácuo.

A recolha é realizada através de um conjunto de dispositivos que devem ser montados e configurados de acordo com necessidades particulares de cada instalação predial. A mesma válvula de interface, pode recolher o efluente de vários lavatórios ou chuveiros, por exemplo em função da necessidade de elevação do efluente, existência ou não de sólidos, entre outras considerações.

As válvulas de interface têm funcionamento pneumático, a vácuo, em que o acionamento se dá através de um sensor que deteta presença de águas residuais no reservatório temporário de recolha de efluente, denominado Buffer.

Depois do enchimento deste reservatório, até um nível pré-estabelecido, ocorre a abertura de uma válvula, chamada válvula de descarga, que permitirá, através do diferencial de pressão criado pelo sistema, a entrada das águas residuais a drenar na tubagem, em direção à central de vácuo[20].

3.5.13.2.Descrição

Uma válvula de interface é constituída, basicamente, por três componentes principais, interligados por mangueiras de borracha ou de neoprene.

3.5.13.3.Módulo ativador ou válvula ativadora

Equipamento necessário para a deteção de efluentes nos reservatórios e para o controle da abertura e fecho da válvula de descarga do conjunto (ilustrado na Figura 53)[20].

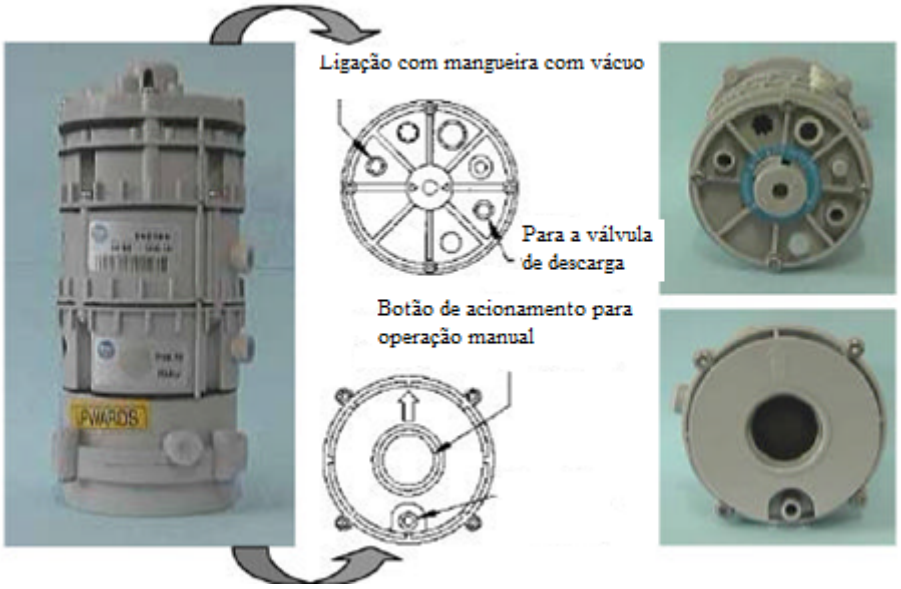


Figura 53 - Detalhes da válvula ativadora [20]

3.5.13.4.Válvula de descarga

Constitui a ligação entre o sistema de coletor de águas residuais convencional (por gravidade) e o sistema a vácuo. Podem ser utilizados dois tipos de válvula de descarga, como componentes da válvula de interface. A diferença básica entre estas duas válvulas refere-se apenas ao tamanho.

A de DN 50 que é utilizada quando é necessário realizar o escoamento para o interior do sistema de tubagens a vácuo de águas residuais, escoando sólidos e líquidos. a de DN 32 quando as águas residuais são drenadas apenas sob a forma líquida (Ilustrado na Figura 54)[20].

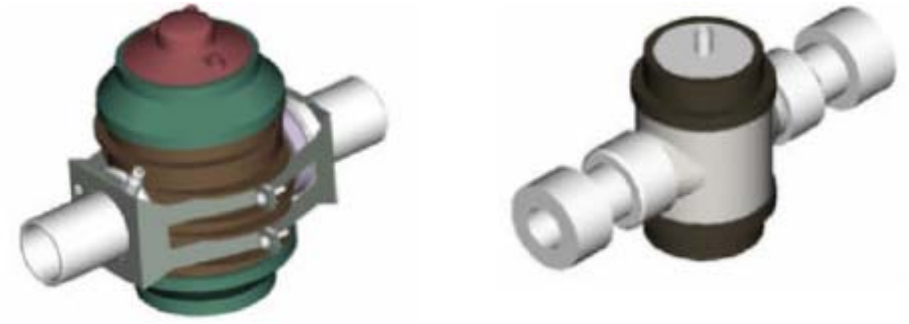
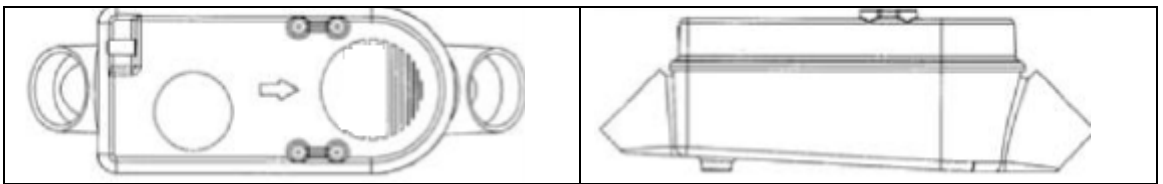


Figura 54 - Válvulas de descarga - DN 50 e DN 32 [20]

3.5.13.5.Buffer

É o reservatório utilizado para a drenagem do efluente gravítico convencional. À partir deste reservatório e do funcionamento dos outros dois equipamentos já descritos acima, ocorre a entrada das águas residuais drenadas por gravidade no sistema a vácuo.

A abertura da válvula de descarga é comandada pela válvula ativadora quando esta recebe um sinal de um sensor de nível, instalado junto ao Buffer, de que este está cheio. Os Buffers devem ser utilizados de acordo com as características da instalação da válvula de interface, necessidade de elevação, caudal a drenar e espaço para instalação[20].



Vista em Planta	Vista Lateral

Figura 55 - Vistas do Bufer [20]

3.5.13.6.Buffer horizontal

Quando, em edifícios com vários andares se torna necessário drenar os efluentes provenientes dos andares superiores, emprega-se usualmente um Buffer horizontal, Este Buffer é montado com tubos e juntas de PVC.

Basicamente, a capacidade volumétrica deste Buffer será de 4 litros, quando drena caudais até 1,0 litro por segundo, e de 2 litros para caudais até 0,5 litro por segundo (ilustrado na Figura 56)[20].

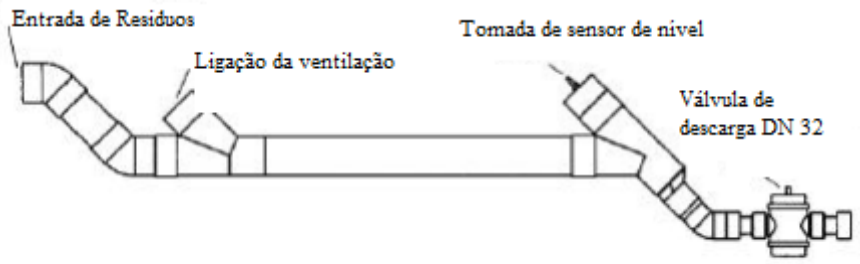


Figura 56 - Vistas do Bufer [20]

3.5.13.7.Buffer vertical

Indicado para utilização em condutas de serviço verticais (couretes), este Buffer é montado utilizando-se tubos e juntas de PVC, de maneira similar ao Buffer horizontal. O volume interno útil, é medido a 7 cm acima do tubo interno do sensor de nível e deve, para um caudal de até 1,0 litro por segundo. Tipicamente, o escoamento, neste tipo de Buffer, é vertical no sentido descendente, porque regra geral são usados em edifícios de vários andares, instalados nas condutas de serviço técnicas (ilustrado na Figura 56)[20].

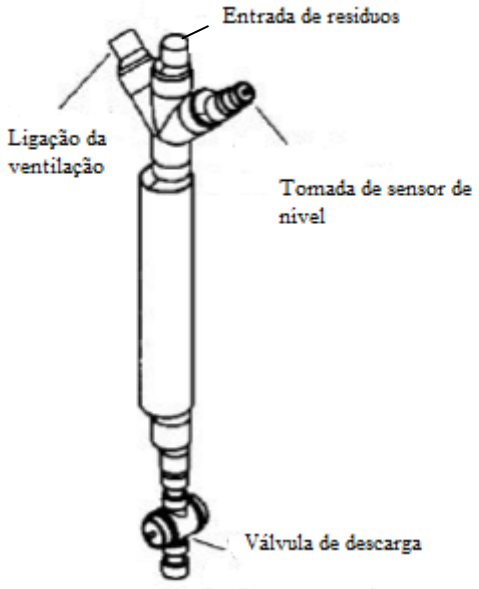


Figura 57 – Buffer vertical [20]

3.5.13.8.Buffer de pavimento

Este tipo de Buffer pode ser utilizado, por exemplo, para drenagem de águas residuais de lavagem de pavimentos ou ainda como caixa recetora de águas residuais provenientes de lava-louças, lavatórios, chuveiros, etc, apresenta uma função semelhante à uma caixa de reunião no pavimento prevista no sistema de drenagem convencional. O Buffer de pavimento pode ser construído em alvenaria devidamente impermeabilizada, ou pode utilizar-se uma caixa de reunião em PVC.

A adaptação consiste basicamente na instalação do sensor de nível no interior da caixa que a liga ao sistema (ilustrado na Figura 58)[20].

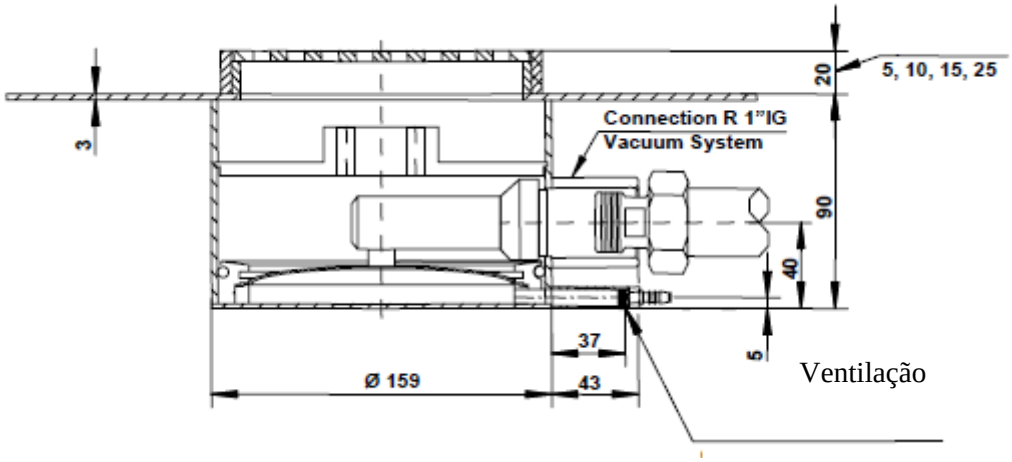


Figura 58 – Vista de planta - Buffer de pavimento [20]

È importante referir que no sistema de águas residuais domésticas por gravidade, antes dos Buffers, se deve evitar a entrada de gorduras, óleos e objetos sólidos estranhos ao sistema a vácuo. Assim, deve-se instalar caixas separadoras de gordura e ou sólidos quando as águas residuais a drenar possam conter gorduras e ou sólidos.

Faz-se assim, a interligação de todos estes elementos com a utilização de mangueiras, deste modo se constituindo uma válvula de interface (ilustrado na Figura 59)[20].

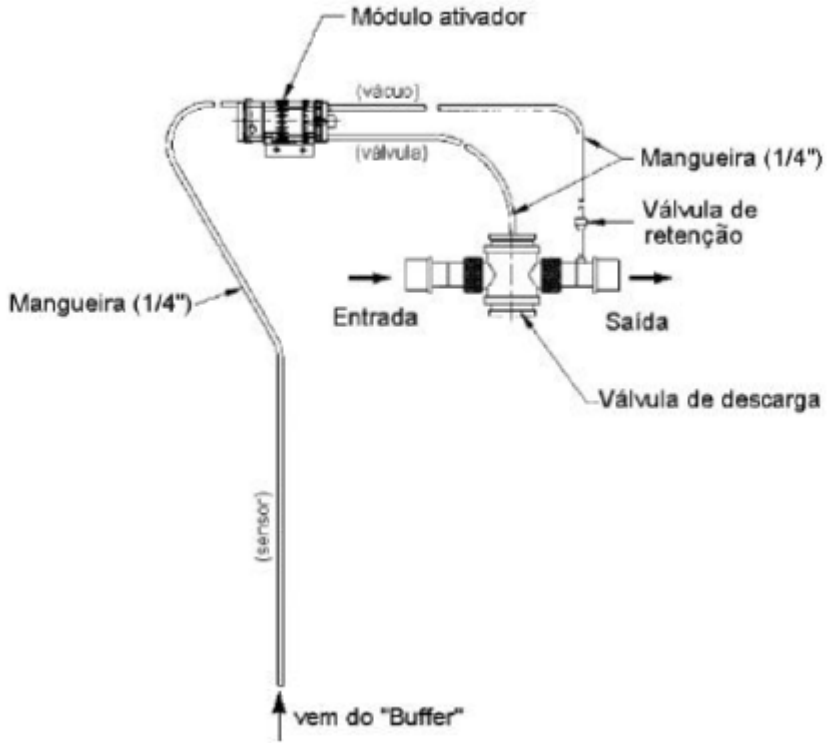


Figura 59 – Esquema da interligação de uma válvula de interface[20]

3.5.13.9.Princípio geral de funcionamento

A descarga das águas residuais para o interior do sistema de tubagem a vácuo dá-se pela abertura da válvula de descarga, quando um volume pré-determinado de efluente se acumula no Buffer. Ocorrendo a deteção de águas residuais no Buffer, o módulo ativador da válvula de interface comanda a abertura da válvula de descarga por alguns segundos, fazendo com que esta válvula provoque a passagem das águas residuais armazenados no Buffer para o interior da tubagem do sistema a vácuo.

Ao fim deste intervalo de tempo, a válvula de descarga fecha-se, impossibilita a entrada águas residuais no sistema. Como o vácuo utilizado na operação das válvulas é obtido através da interligação do módulo ativador a um ponto da tubagem sob vácuo do sistema através de uma mangueira, esta deverá conter uma mini válvula de retenção, capaz de evitar o refluxo de líquidos da tubagem para o módulo ativador[20].

3.5.13.10.Instalação de válvula de interface

As características de instalação dos componentes de uma válvula de interface (módulo ativador, válvula de descarga e Buffer) como, entre outras, o seu posicionamento, a necessidade de elevação dos efluentes, são variáveis de acordo com o tipo de utilização do sistema a vácuo. Assim, para cada aplicação, deverão ser respeitados os limites e as normas adequadas às respectivas exigências técnicas[20].

3.5.13.11. Instalações típicas

Independentemente do tipo de Buffer e da válvula de descarga utilizados, as válvulas de interface podem admitir algumas configurações básicas, como mostram as Figura 59 e Figura 60[20].

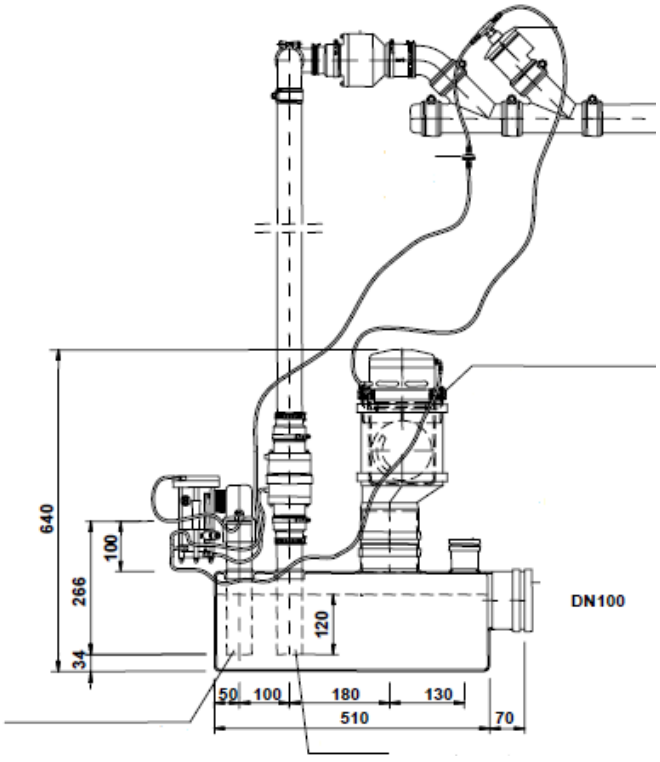


Figura 60 – Esquema de arranjo de instalação de Buffer [1]

Figura 61 – Arranjo de instalação de Buffer

3.5.13.12. Instalações típicas

Os Buffers devem ser instalados em local que permita a circulação do ar, para que se garanta o seu adequado funcionamento. Em alguns casos será necessário, construir uma rede de ventilação para o efeito.

Esta tomada de ar deve prolongar-se, cerca de 15 cm, acima do ponto mais alto do nível de drenagem do efluente, os quais são regra geral os lavatórios e os lava-louças. No caso dos Buffers de pavimento não é necessário o uso da tomada de ar, a não ser em caso de uso de tampa com fecho hidráulico, o que não acontece quando estes também funcionam como ralos[20].

3.5.13.13. Possibilidades construtivas

Uma válvula de interface pode drenar o efluente de vários aparelhos que a ele afluem por gravidade. Para tal, procede-se a construção de uma rede de drenagem gravidade, seguindo-se as normas aplicáveis para este tipo de drenagem até à chegada ao Buffer.

As Figura 62, Figura 63 e Figura 64 , apresentam alguns esquemas de instalação de válvulas de interface para a drenagem de águas residuais isentas de sólidos provenientes de todo tipo de aparelhos (lavatórios, chuveiros, drenagem de pavimentos, etc. e de lava-louças, máquinas de lavar, etc.

A rede convencional, de drenagem por gravidade, até o Buffer deve conter os dispositivos e acessórios exigidos pelas normas regulamentares aplicáveis a este tipo de sistemas, como caixas de reunião no pavimento, separadores de sólidos e de gorduras, ventilação etc [20].

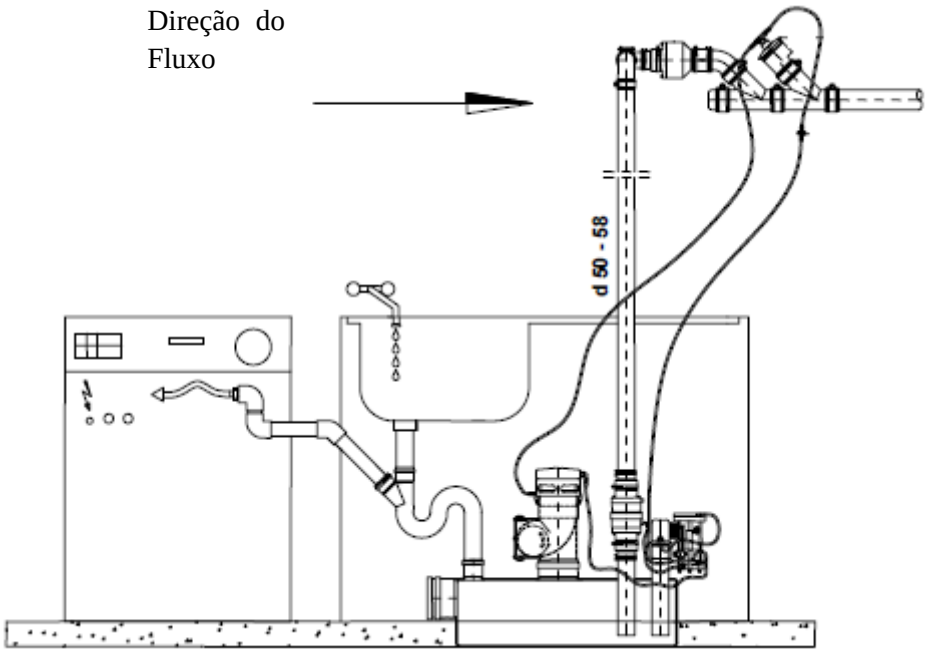


Figura 62 – Instalação típica para cozinha [1]

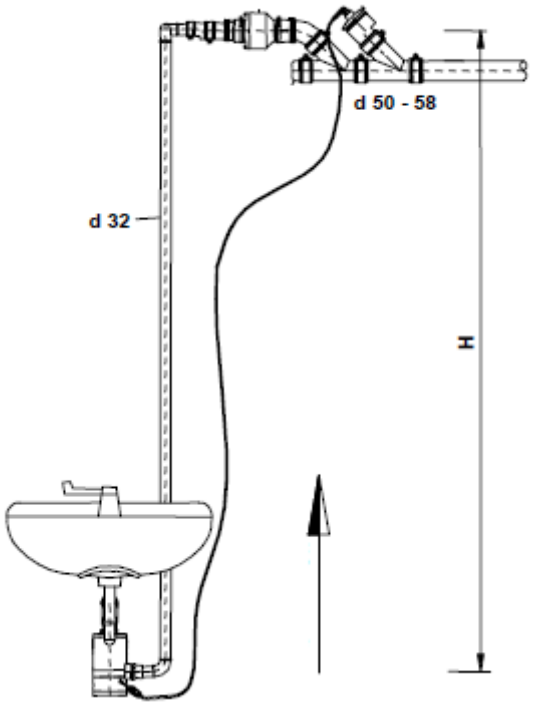


Figura 63 – Instalação para um lavatório com sistema de vácuo [1]

Mais que um aparelho pode ser drenado por uma mesma válvula de interface, como é o caso da drenagem de aparelhos em bateria.

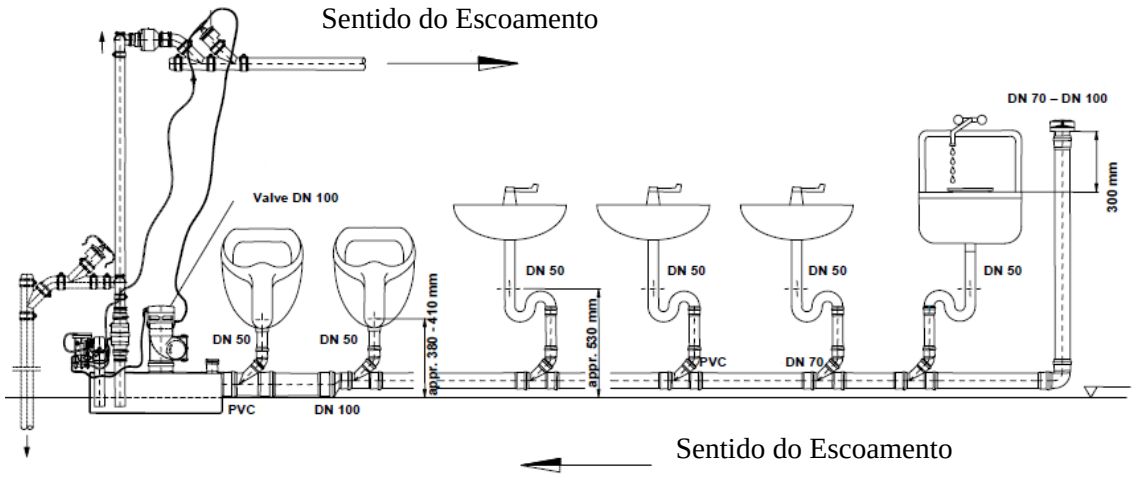


Figura 64 – Drenagem de vários aparelhos ligados em bateria [1]

3.5.13.13. Restrições de funcionamento

Algumas regras para a localização da válvula de interface, como do Buffer, em relação ao sistema de tubagem deverão ser respeitadas.

1º) A instalação da válvula de descarga deve ser de tal forma que seu corpo e ligação de saída devem estar perfeitamente alinhados com a tubagem de transporte de esgoto a vácuo e com a saída do Buffer. Caso esta regra não seja respeitada, o funcionamento da válvula de interface poderá ser afetado, o que poderá causar a rutura do corpo da válvula ou na sua ligação;

2º) A instalação da válvula de retenção é de extrema importância para o perfeito e contínuo funcionamento da válvula de interface, uma vez que evita a passagem de efluentes líquidos do sistema de tubagens para o interior do módulo e ou do ativador;

3º) A utilização de mangueiras de material diferente dos anteriormente citados (EPDM ou neoprene), pode contribuir para a perda da eficiência da válvula de interface e do sistema como um todo, em virtude da possibilidade da entrada de ar ao sistema e a consequente perda de vácuo:

4º) Uma elevação superior a 5 metros dos efluentes a drenar deve ser objeto de análise de viabilidade, em face da situação em concreto;

5º) A mangueira de borracha do sensor de nível não deve formar curvas em “S”, do tipo sifões;

6º) As válvulas ativadoras devem sempre ser colocadas acima das válvulas de descarga e com a seta na face que contém o botão de acionamento manual virada para cima

7º) Em válvulas sem elevação, a válvula ativadora deve ser colocada acima da altura do aparelho de contribuição mais baixo.

8º) Todas as s de interface, ativadoras, de descargas e a tomada do sensor de nível do buffer devem ter acesso livre para manutenção.

9º) Os Buffers, com exceção dos do tipo de pavimento (desde que não usando tampa cega), devem ter uma tomada de ventilação, que deve subir até acima do ponto mais alto de produção de efluente (cerca de 15cm), normalmente os lava-louças e lavatórios.

10º) Até a chegada ao Buffer, devem ser adotadas normas para a drenagem de águas residuais domésticas, como o uso de sifões, caixas de reunião no pavimento, ventilação, caixas separadoras de sólidos e de gorduras, etc[20].

4
CASO DE ESTUDO

4.1. INTRODUÇÃO

Neste capitulo, analisou-se um caso de estudo, relativo a um edifício publico (terminal aéreo de passageiros) com dimensão e porte considerável, e no qual foi aplicado o sistema de drenagem de águas residuais prediais por vácuo. Posto isto, elaborou-se um estudo ao nível dos consumos de água, e no que diz respeito à drenagem de águas residuais domésticas. Para uma análise comparativa do sistema de vácuo com o sistema tradicional gravítico, demonstrou-se para o mesmo edifício consumo de água caso os sanitários fossem instalados com o sistema gravítico.

4.2. CASO DE ESTUDO

O caso em estudo, é um edifício público (terminal aéreo de passageiros) em Portugal. O edifício tem uma área total de 100 000 m^2. O empreendimento é compreendido por 2 pisos que constitui áreas de restauração, como serviços e espaços comerciais.

No período em análise, Abril e Maio de 2013, o empreendimento foi, de acordo com os dados fornecidos pela entidade, utilizado por cerca de 800 000 passageiros. Segundo a entidade que faz a gestão do sistema este é o número de referência para a consideração de habitantes equivalentes, pelo que neste número de utilizadores convergem todos os consumos necessários à utilização do sistema pela população permanente de suporte ao funcionamento do edifício em causa. O sistema de vácuo do equipamento é constituído por 458 bacias de retrete e uma central de vácuo conforme a Figura 65. A central está instalada numa sala com 5 metros de largura e 10 metros de comprimento no piso -1, com 4 bombas de vácuo.

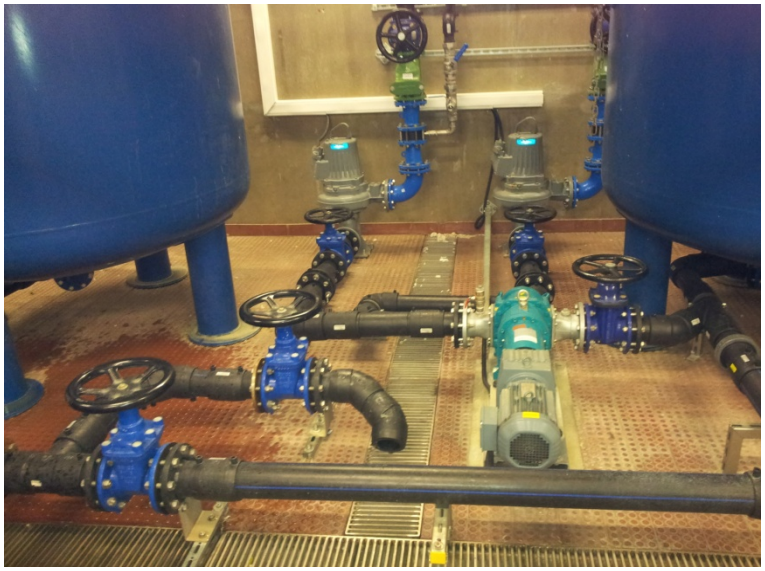


Figura 65 – Central de vácuo (Edifício Público do estudo)

A central de vácuo, como já se referiu, é dotada de 4 bombas para produção de vácuo e de funcionamento por palhetas sem lubrificação de 11 kw de potência. A unidade é também composta por dois tanques em polipropileno de 7000 litros cada um. A central é montada em uma estrutura de aço pintado e contêm painéis com dispositivos para instrumentação e controle, além do painel elétrico para comando e potência.

O funcionamento da central é automático, assim os sensores de vácuo enviam sinais para o Controlador Lógico Programável, que aciona ou desliga, as bombas de vácuo conforme as solicitações de drenagem da rede.

Os tanques têm sensores de nível que transmitem ao sistema controlador o seu enchimento, para que este inicie o processo do seu esvaziamento.

O sistema de tubagem é em PEAD PE 100 PN 16 com cerca de 10 850 metros, que foi necessário 900 unidades de equipamento de drenagem e 10 050 unidades de acessórios em PEAD.

O sistema constituído por 458 bacias de retrete, nestas se incluindo os urinóis, Figura 66, drena as águas residuais produzidas através de uma rede de tubagens executadas em PVC soldável para água fria de diâmetro 50 mm á saída da bacia de retrete.

Figura 66 - Bacia de retrete a vácuo instalado (Edifício Público)

4.2.1. LEVANTAMENTO DOS DADOS

O período compreendeu 61 dias que decorreram entre Abril e Maio de 2013, tendo o número de utilizadores do edifício sido no total de cerca de 800 000, o que considerando um valor médio para cada um dos 61 dias desse intervalo, obtemos um número médio diário de utilizadores do Edifício objeto de estudo de 13115 e um número de utilizadores hora de 730, tendo em consideração que o período de funcionamento do mesmo é de 18 horas por dia, conforme se sintetiza na Tabela 4.

Tabela 4 – Levantamento de dados

Dados	
Utilizadores (un)	800000
Dias (dias)	61
Utilizadores diários (un)	13115
Utilizadores por hora (un)	730

Cada bacia de retrete usa por descarga 0,9 a 1,2 litros e, adota-se um volume 0,4 litros de matéria sólida arrastada em cada descarga. O período compreendeu 61 dias corridos entre Abril e Maio de 2013, o edifício teve um consumo de água mensal de cerca de 2950 m^3/mês.

Os tanques de recolha das águas residuais domésticas apresentam uma capacidade de 7000 litros e têm instalados sensores de nível a 40% do seu volume total para sinalizar a necessidade de despejo.

Assim em cada descarga de um dos tanques têm-se 2800 litros de água mais a matéria sólida arrastada em cada descarga. Admite-se aqui uma margem de erro de 10%, ou seja será considerado um volume efetivo de descarga de 2520 litros, verificando-se assim a existência de um excedente de 280 litros a cada descarga.

Sendo, de acordo com os valores fornecidos o consumo médio mensal de água de cerca de 3000 m^3.

Com estes dados obtemos um consumo médio de 100000 litros de água por dia. Considerando o valor médio diário de utilizadores é possível obter o valor médio de consumo por habitante equivalente (utilizador) de 7,62 litros, tal como podemos verificar na Tabela 5.

Tabela 5 - Consumo de água por "utilizador equivalente"

Consumo Médio Mensal de Água (m3/mês)	Consumo de Água Mensal (Litros)	Dias	Consumo de Água Diário (litros)	Utilizadores diária (un)	Consumo de água/Utilizador equivalente (l/util.equiv.)
3000,00	3000000,00	30,00	100000,00	13115,00	7,62

Foi considerado que cada descarga de cada bacia de retrete a vácuo utiliza por descarga 1,2 litros de água e arrasta 0,4 litros de sólidos em suspensão, em que totaliza 1,6 litros, por descarga. Considerando-se o consumo de água, o volume por descarga de cada bacia de retrete, é possível obter o número de acionamentos diários do total das bacias de retrete, nestas se incluindo os urinóis a vácuo instalados e em funcionamento no edifício em estudo, tal como se pode verificar

Tabela 6 - Nº de acionamentos das bacia de retrete, por dia

Cálculo	
Consumo de Água Diário (Litros)	100000
Volume Consumido por cada descarga de bacia de retrete (litros)	1,2
Nº de descargas por dia	83333,33
Nº de bacias de retrete	458
Nº Acionamentos por bacia de retrete	181,95

Assim, equivale confirmar que em média, cada um 458 das bacias de retretes e urinóis do empreendimento são acionadas em média cerca 182 vezes por dia.

Comparando com os sistemas tradicionais por gravidade, obter-se-iam, para os 182 acionamentos por bacia de retrete, os valores conforme o tipo de bacia de retrete instalado, tal como se apresenta na Tabela 7.

Tabela 7 - Consumo de água do sistema de vácuo Vs Consumo de água sistema tradicional por drenagem gravítica

Consumo de água dos Vasos sanitários	Vácuo 1,20 l	Tipo 1 Gravidade 6L	Tipo 2 Gravidade 10L	Tipo 3 Gravidade 12L
Diários (Litros)	218,4	1092	1820	2184

4.3. ANÁLISE DE RESULTADOS

Neste ponto pretende-se fazer uma análise dos resultados obtidos anteriormente. Vai-se evidenciar os custos de implementação do sistema de esgoto a vácuo, bem como no que diz respeito à manutenção do sistema. Neste capítulo tentar-se-á demonstrar as diferenças do sistema de drenagem de águas residuais domésticas de vácuo como o sistema tradicional.

Relativamente ao cálculo dos litros por (utilizador) equivalente poderá dizer-se que no sistema de vácuo é de cerca de 7,5 litros por habitante equivalente e, de acordo com a bibliografia consultada, no sistema tradicional gravítico esse valor é bastante superior, cerca de 25 litros por (utilizador) equivalente.

No que diz respeito ao consumo de água mensal também se verifica que o sistema de vácuo tem um consumo de água cerca de 80% inferior ao consumo de água do sistema tradicional Tipo 1, e cerca de 90% para o sistema tipo 2 e 3.

4.3.1. Descrição do Sistema de vácuo do Edifício Objeto de Estudo

Por motivos de salvaguardar e a solicitação da entidade responsável pelo Edifício não se revela qual o Edifício em estudo, sendo certo que se trata de um Edifício de caracter público e de serviços localizado em Portugal. Tal como já se referiu, o edifício tem uma área total de 100 000 m^2. O empreendimento é compreendido por 2 pisos que constitui áreas de restauração, como serviços e espaços comerciais.

No período em análise o empreendimento recebeu cerca de 13115 pessoas por dia, sendo este um valor médio diário constante quando considerado um período correspondente aos 3 anos mais recentes, já que o número anual de utilizadores atingiu valores médios entre 4,8 e 5,2 milhões, por ano. De acordo com a entidade gestora do edifício em estudo é o número de utilizadores que serve de referência para a apreciação dos sistemas do edifício, a estes se reportando os valores de consumo que resultam de todos os colaboradores permanentes ou temporários necessários para a operação dos diferentes serviços instalados.

O sistema de drenagem por vácuo do empreendimento é constituído por 458 bacias de retrete, nestas já com urinóis, associadas a uma central de vácuo. O sistema é também constituído por cerca de 4 km de tubagens. Também, tal como já referido, a central está instalada numa sala com 5 metros de largura e 10 metros de comprimento no piso -1, com 4 bombas de vácuo.

No que respeita à supervisão do sistema de drenagem por vácuo – manutenção, conservação e correções e substituições, é necessário um profissional específico da área de rede águas domésticas que por sua vez serve de ligação com o fornecedor do sistema, tudo no sentido de resolver dúvidas e problemas técnicos de execução. A execução do sistema - tubagem, central de vácuo e dos aparelhos sanitários específicos instalados, também requer um profissional qualificado, para melhor interpretação dos aspetos e detalhes específicos do sistema, quer para a sua execução quer para a seu acompanhamento em serviço. Esta necessidade resulta da necessidade de introdução de correções no sistema, função do tipo de utilização que em concreto se vai constatando, por virtude de hábitos de introdução de elementos estranhos ao sistemas feita pelos seus utilizadores e que apresentam diferenças de edifício para edifício, de local para local onde o sistema é instalado.

4.3.2. ESTIMATIVA ORÇAMENTAL

O custo de implantação do sistema é elevado, quando comparado com os sistemas tradicionais. As poupanças do sistema verificam-se, compensando os custos iniciais de instalação, naqueles edifícios que apresentam grande concentração de pessoas, logo de utilizadores, como sejam os centros

comerciais, os aeroportos, etc.. Conforme relato, do técnico responsável pela manutenção, o edifício, antes da instalação do sistema a vácuo, apesar de apresentar menos de metade das instalações a drenar as agora implantadas e ter um número de utilizadores diários em média entre 25% a 35% do número que hoje o utilizam, o sistema tradicional consumia energia e, sobretudo, água em valores muito superiores aos atuais. Após a adoção do sistema de drenagem a vácuo, o consumo diário de água diminuiu significativamente, demonstrando-se uma economia de cerca de 80%. Relacionando custo benefício do sistema a vácuo foi explicitado pelos responsáveis pelos respetivos serviços de manutenção e conservação do edifício que é possível recuperar o valor investido num prazo de dois anos, em função das economias obtidas apenas com o no consumo de água.

4.3.3. MANUTENÇÃO PREVENTIVA DO SISTEMA

Este sistema, como todos, requer manutenção, mas uma manutenção mais pluridisciplinar, mesmo que não em exclusivo dedicada ao sistema em estudo. Assim é necessário dispor de mão-de-obra capaz de solucionar eventuais falhas e ou problemas técnicos que possam surgir no decorrer do uso do sistema, bem como um plano de manutenção preventiva conforme a Tabela 8, onde se identificam as várias atividades e sua periocidade a adotar no plano de manutenção do sistema a vácuo.

Tabela 8 - Plano de Manutenção do sistema de vácuo [1]

	Atividade	Semanal	1000h	Semestral	Anual	3 Anos	5 Anos	10 Anos
ESTAÇÃO DE VÁCUO	Anotação de horas de trabalho Etc.	X						
	Testes ao Painel de controlo e funções de segurança			X				
	Limpeza dos sensores captativos			X				
	Limpeza dos reservatórios				X			
BOMBAS DE VÁCUO	Mudança de óleo		X					
	Mudança do filtro do óleo		X					
	Mudança do filtro de exaustão					X		
	Mudança de vedantes				X			
	Rede de tubagem							
	Pontos de Inspeção				X			
	Substituição da membrana da válvula de vácuo X						X	
	Substituição da unidade de controlo da válvula de vácuo							X

4.4. SISTEMA VÁCUO VS SISTEMA TRADICIONAL APLICADO NO EDIFÍCIO PÚBLICO

Feita a descrição do sistema de drenagem de águas residuais domésticas pelo sistema de vácuo e apresentada a situação do caso de estudo, cabe neste momento verificar em que esta solução se diferencia de um sistema tradicional gravítico, com ou sem necessidade de adoção de sistemas elevatórios para transferência das águas residuais de níveis em que não é possível manter a drenagem por gravidade e ou quando, função da distância entre os diferentes pontos do sistema, seria necessário efetuar a drenagem por bombagem, por a adoção nesses troços da drenagem gravítica tornaria inutilizável, quando suspensa do teto, todo ou parte do espaço ou determinaria, quando enterrada, profundidades e escavações excessivas, face à necessidade de garantir inclinação constante em todos os troços, entre 10mm/m a 40 mm/m. Acresce a existência de obstáculos (vigas, pilares, sapatas de fundação, etc) o que acarreta soluções que podem penalizar decisivamente o sistema gravítico, quando em confronto com o sistema por vácuo, em que a drenagem das bacias de retrete se faz diretamente por efeito do vácuo (em pressão (negativa) e a dos restantes dispositivos, após curtos percursos com drenagem gravítica, também se efetua por vácuo (em pressão (negativa), a partir dos interface instalados em linha na rede de drenagem.

Em relação aos sistemas convencionais, as principais vantagens dos sistemas de vácuo são as seguintes:

- Redução de diâmetro;

- Ausência de problemas de septicidade.

4.4.1. PRINCIPAIS DIFERENÇAS EM TERMOS DE APLICAÇÃO

As principais diferenças a apontar no traçado é de que este no sistema a vácuo é rectileneo, mas possuí a vantagem de no seu traçado poder facilmente transpor alguns obstáculos que possam surgir na sua execução, (como por exemplo pilares, vigas). Assim, pode haver desvios tanto na horizontal com na vertical o que facilita a transposição desses obstáculos, situações que no sistema tradicional se tornariam muito mais complicadas de solucionar, podendo mesmo exigir a adoção de sistemas elevatórios intercalares, com as consequentes dificuldades na sua localização e execução e as inerentes consequências que a sua proliferação acarreta para a manutenção e reparação durante o período de serviço do sistema.

Tal como já se referiu, no sistema tradicional é necessário ter sempre em conta as inclinações das tubagens, sendo em que no sistema de vácuo se utilizam inclinações muito menores na ordem dos 0,2%, o que facilita a sua adoção quando o mesmo se aplica a edifícios com grandes áreas.

O sistema de vácuo torna-se mais aconselhável e vantajoso, mesmo em edifícios de pequena dimensão e área, que apresentem um de pé direito elevado, são disto exemplo, os edifícios antigos com lajes e paredes de grandes espessuras, e edifícios com arquiteturas difíceis. Tal como referido, é uma solução economizadora, sobretudo do recurso água, em espaços comerciais e de serviços de grandes dimensões e elevado número de utilizadores – devido ao elevado consumo de água potável resultante da utilização dos sanitários públicos, sobretudo das bacias de retrete e dos mictórios.

4.4.2. PRINCIPAIS DIFERENÇAS EM TERMOS DE MANUTENÇÃO

No âmbito da manutenção dos sistemas, o sistema de vácuo, através do quadro de comando de controlo possibilita o controlo de todo o sistema por painel único, normalmente táctil e amigável, com a possibilidade de instalar modems para comunicações do serviço e acesso remoto, e instalação de um sistema de permanente monitorização e envio automático de alarmes. O sistema de vácuo deteta assim de imediato fugas ou ligações e ou intervenções não autorizadas através de alarme na estação de vácuo, no sistema tradicional a deteção de fugas não é assim tão previsível, fazendo-se muitas das vezes a sua deteção por inspeções ao longo de todo o sistema instalado, quer visuais e de carga, quer tendo recorrer a inspeções por meio de intrusão destrutiva.

Do ponto de vista da operação, assume especial relevância o facto das equipas técnicas disporem de pessoal habilitado para a exploração r manutenção das válvulas de interface a dos grupos sob vácuo.

4.4.3. PRINCIPAIS DIFERENÇAS EM TERMOS DE ESTIMATIVA ORÇAMENTAL

A nível orçamental o sistema tradicional tem um custo menor, na sua implantação, que o custo do sistema de vácuo. Mas, por outro lado, devido a relação entre o ar e a água existente no do sistema por vácuo, permite assim utilizar diâmetros de tubagens inferiores às utilizadas no sistema tradicional, o que se traduz em menor espaço para instalação das respetivas tubagens e uma melhor compatibilização com os restantes elementos construtivos, reduzindo-se significativamente os pontos de conflito na execução dos distintos elementos construtivos. No sistema de drenagem por vácuo os caudais produzidos e enviados a tratamento são menores, permitindo ETAR de menor dimensão, consequentemente de menores custos de construção e de exploração. Estas e outras caraterísticas, que já se foram explicitando, que diferenciam os dois sistemas, permitem afirmar que, pese a circunstância de o sistema por vácuo apresentar um custo inicial mais elevado, em grande medida devido aos custos do diverso equipamento necessário (central de vácuo, câmaras de vácuo para recolha doas águas residuais, dispositivos de utilização específicos – bacias de retrete - e válvulas de interface, pois na tubagem existe economias que resultam da redução do diâmetro necessário), este apresenta um valor de custo mais elevado na sua instalação inicial, mas fortemente compensado pelas poupanças que se enunciaram, relativamente ao consumo de água, energia, manutenção e de tratamento.

5
CONCLUSÕES

5.1. CONCLUSÕES

O estudo desenvolvido e a verificação local de um sistema de drenagem de águas residuais domésticas criando o vácuo (pressão negativa) no seu interior conduziu a um conjunto de conhecimentos relevantes que já foram permitido retirar conclusões no decurso da exposição que se efetuou.

Torna-se, neste ponto, necessário sistematizar e sintetizar a informação obtida e as conclusões retiradas, para que com melhor clareza seja possível consolidar os benefícios que podem resultar da opção por escolha do sistema por vácuo, quando confrontado com a opção na escolha de um sistema tradicional predominantemente gravítico, associado ou não a sistemas elevatórios.

O sistema de drenagem de águas residuais por vácuo permite o escoamento na horizontal ou mesmo no sentido ascendente e a longas distâncias, considerando a condição de que a mesma se efetua sob pressão (negativa) e os troços de tubagem horizontal apenas necessitam de inclinação de 0,2% (2 mm/m), sendo que nos sistemas prediais tradicionais gravíticos a inclinação nos troços de escoamento horizontal devem ter uma inclinação compreendida entre 1 e 4% (10 e 40 mm/m)

Funcionando o sistema por vácuo sob pressão verifica-se uma redução substancial dos diâmetros, quer nos troços ascendentes quer nos descendentes, e mesmo nos que apresentam desenvolvimento horizontal (ou melhor de fraca pendente). No sistema por vácuo a drenagem é efetuada a secção cheia, quando no sistema de drenagem tradicional gravítico se estabelecem taxas de ocupação no máximo de um terço da secção, para os troços com desenvolvimento vertical (tubos de queda) e de meia secção, nos troços com desenvolvimento horizontal (coletores prediais e ramais de descarga). Assim, o diâmetro das tubagens para drenagem por vácuo é muito menor que o diâmetro dos tubos gravíticos. O diâmetro das ligações individuais é de 40 mm e na tubagem de recolha coletiva de 50 mm;

Por outro lado, sendo um sistema que funciona sob pressão as velocidades de escoamento são na ordem dos 4 a 5 m/s, e em regime de turbulência, o que impede a sedimentação de sólidos e a formação de incrustações nos coletores;

Em termos construtivos, existindo menores condicionalismos ao estabelecimento dos traçados conduz a uma simplificação das redes e a uma diminuição das perfurações nos elementos construtivos, designadamente nas lajes. Também apresentam vantagens significativas quando considerada a sua instalação em edifícios onde as redes possam ser instaladas suspensas, por não prejudicarem a utilização dos espaços sob as tubagens, resultado ainda da praticamente inexistente inclinação.

Tal como se referiu, as ruturas de tubagem, seja quais forem as suas origens, são mais rapidamente detetáveis e corrigidas, por alarme na central de vácuo devido ao aumento de pressão que tal situação irá transmitir aos paneis de controlo do vácuo produzido pela respetiva central.

Como aspeto de enorme importância junta-se, no sistema de drenagem por vácuo, a não necessidade de prever ventilação (primária ou secundária) e, deste modo, um melhor controlo dos odores proveniente do sistema, como se verifica no sistema de drenagem tradicional gravítico. No sistema de drenagem por vácuo o controle dos odores provenientes do sistema fica reduzido às componentes drenadas por gravidade, a partir dos dispositivos de utilização e até ao elemento de interface, já que aqueles dispositivos que são mais suscetíveis de provocar odorem, as bacias de retrete, efetuam a sua ligação de descarga diretamente na tubagem sob vácuo.

Ao ser o sistema de drenagem por vácuo um sistema que funciona em pressão (negativa), elimina a necessidade de instalação de estações elevatórias, uma ou mais de acordo com o desenvolvimento da rede predial tradicional necessária para a drenagem na integra de todos os dispositivos de utilização instalados. As instalações elevatórias, quando necessárias, são substituídas por uma única central de produção de vácuo, onde se concentram todos os equipamentos e painéis de controlo e monitorização, bem como a possibilidade de estabelecer avisos de alerta para destinatários e equipamentos de controlo centralizados, central de comando e ou operadores, em qualquer ponto em que se localizem e ou encontrem.

Dois aspetos muito importantes referem-se à poupança de água e à maior facilidade de condução separativa das águas negras das águas cinza ou de sabão.

A redução consumo de água, em especial em instalações de forte utilização públicas, nomeadamente zonas comercias e de serviços, tais como hotéis, hospitais, centros comerciais, mercados, terminais de passageiros aéreos, marítimos, ferroviárias, rodoviárias, etc., tendo em consideração os reduzidos volumes de água necessários em cada descarga de bacias de retrete e mictórios, mesmo quando comparados com os volumes mais reduzidos necessários para as descargas das bacias de retrete no sistema tradicional gravítico, tornam a adoção do sistema de drenagem por vácuo o mais adequado.

Também a separação, na origem, que é adotada nos sistemas de drenagem por vácuo, das águas negras (bacias de retrete e mictórios) e das águas de cinzas ou de sabão (lavatórios, banheiras, máquinas de lavar, etc), permitem que o mesmo se mantenha em paralelo e em sub pressão, conduzindo-as facilmente para tratamento final distinto. As águas negras diretamente para coletores, intercetores e ou estações de tratamento. As águas cinza ou de sabão para o respetivo sistema de tratamento e reutilização.

O sistema tradicional gravítico apresenta, regra geral, um custo de instalação substancialmente menor, mas custos de utilização, sobretudo, de água necessária à sua utilização bastante maiores.

A opção por um ou outros dos sistemas será uma função de escala, tanto a que resulta do investimento inicial, como dos custos associados à utilização, manutenção, reparação e substituição de componentes dos sistemas. Em instalações de utilização intensiva e com grandes volumes de consumo de água descarregada por esses mesmos utilizadores, a adoção do sistema de drenagem predial de águas residuais domésticas por vácuo apresenta significativas e não desprezíveis vantagens.

Devido às vantagens que lhe estão associadas e ao interesse suscitado em termos tecnológicos, este tipo de soluções tem sido objecto de divulgação e aplicação, particularmente nos últimos 20 anos. O sistema proposto e comercializado pela “AIRVAC”, por exemplo, encontra-se espalhado por quinze países e por uma grande parte dos Estados Unidos. Os sistemas construídos têm capacidades bastantes

diversas, sendo o maior construído até ao momento o da rede de Englewood, na Florida, Estados Unidos da América, que apresenta 8500 ligações.

5.2. PERSPETIVAS FUTURAS

Um ação de investigação nunca se pode considerar acabada, tão apenas que uma das suas etapas foi encerrada.

Sendo esta tecnologia ainda embrionária em Portugal, seria proveitoso dar continuidade ao mesmo, noutro tipo de edifícios e com outras aplicações do sistema de vácuo.

BIBLIOGRAFIA

1. Passavante, P., *Conjunto de manuais técnicos do fabricante.* 2010.

2. Cosme, J., *"As preocupações Higio-Sanitárias em Portugal" (2ª metade do século XIX e princípio do século XX).* Revista da Faculdade de Letras, 2006.

3. Botica, A.H.P., *Redes de Drenagem de Águas Residuais Domésticas em Edifícios.* Instituto Superio Técnico - Universidade Técnica de Lisboa, 2012.

4. SABESP, *"História do saneamento"*.

5. Teixeira, B.L., *Comparativo de custos entre o sistema gravitacional e o sistema de vácuo para rede pública de coleta de águas residuais doméstico"*. Dissertação de Bacharelato em Engenharia Civil, Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, Santa Catarina, Brasil, 2009.

6. Matos, J.S., *"Aspectos Históricos a Actuais da Evolução da Drenagem de Águas Residuais em Meio Urbano"*. Revista Universidade do Minho, número 16, 2003.

7. Webster, C., *The sewers of Mohenjo-Daro. J. Water Pollution Control Fed., 34(2), 116-123.* 1962.

8. Maner, A.W., *Public works in ancient Mesopotamia.* Civ. Engrg., 36(7), 50-51, 1966.

9. Hodge, A.T., *aqueducts & water supply.* Gerald Duck-worth & Co. Ltd., London, 1992.

10. Needham, J.L., W. and Gwei-Djen, L., *Science and Civilization in China.* Vol. 4: Physics and physical technology. III: Civil engineering and nautics. Cambridge University Press, New York, 1971.

11. Matos, J.d.S., *Aspectos Históricos a Actuais da Evolução*

da Drenagem de Águas Residuais em Meio Urbano. Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura do Instituto Superior Técnico. Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa.

12. Castilho, J., *Lisboa Antiga.* 1904. 2ª Edição. Lisboa: Casa Bertrand.

13. Nereu, S., *"Evolução das exigências funcionais da habitação – Um ensaio de aplicação ao parque das Avenidas Novas"*. Tese de Mestrado, IST, UTL, Lisboa, 2001.

14. Buff, S.R., *Saneamento Básico, Como tudo Começou.* eloambiental.

15. Landi, F.R., *A Evolução Histórica das Instalações Hidraulicas.* BT/ CC/ 100, 1993.

16. Filho, C., *"Saneamento básico – História dos sistemas de esgotamento"*.

17. Qua-Vac, *Qua-Vac - Vacuum Sewage systems of QUA-VAC- The inventors of the Vacuum Sewage Systems Technology.*

18. *NP EN1091:2000 – Sistemas públicos de drenagem de águas residuais com funcionamento em vácuo.*

19. Pedroso, V.M.R., *Manual dos sistemas prediais de distribuição e drenagem de águas.* 3.ª Edição, Lisboa: Laboratório de Engenharia Civil, 2007.

20. EVAC, *Conjunto de Manuais técnicos do fabricante* 2002.

21. EPA, *National RCRA Hazardous Waste Biennial Report.* 1991.